agrodok



Améliorer la riziculture de bas-fonds

Conseils pratiques de gestion à l'usage des petits paysans en Afrique tropicale

51



Agromisa oeuvre au renforcement de l'autonomie et de la sécurité alimentaire des petits paysans dans les pays en développement. Sa mission est de partager et d'échanger les expériences et connaissances dans les domaines relatifs à l'agriculture durable et à petite échelle. Agromisa estime essentiel de jeter des ponts entre les connaissances formelles (des scientifiques) et les connaissances informelles (des paysans). C'est pourquoi elle s'emploie à diffuser les informations existantes auprès des paysans et des services de vulgarisation agricole, en collaboration avec un réseau étendu d'experts disposant d'une expérience de terrain considérable.

Pour en savoir plus sur les services d'Agromisa, consultez notre site Internet ou contactez-nous directement à :
Agromisa
Postbus 41
6700 AA Wageningen
Pays-Bas
Tél. : +31 (0)317 483151
E-mail : agromisa@wur.nl
Site internet : www.agromisa.org



Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) est une institution internationale conjointe des Etats du Groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et de l'Union européenne (UE). Il intervient dans les pays ACP pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle, accroître la prospérité dans les zones rurales et garantir une bonne gestion des ressources naturelles. Il facilite l'accès à l'information et aux connaissances, favorise l'élaboration des politiques agricoles dans la concertation et renforce les capacités des institutions et communautés concernées.
Le CTA opère dans le cadre de l'Accord de Cotonou et est financé par l'UE.

Pour plus d'informations sur le CTA, visitez *www.cta.int* ou contactez :
CTA Service de distribution des publications
Postbus 173
6700 AD Wageningen
Pays-Bas
Tél. : +31 (0)317 467100 ; fax : +31 (0)317 460067
E-mail : cta@cta.int

agrodok

Améliorer la riziculture de bas-fonds

Conseils pratiques de gestion à l’usage des petits paysans en Afrique tropicale

51

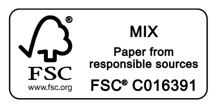
Première édition : 2014

Auteurs : Bert Meertens et Michiel de Vries
Illustrations : Marianne de Groot
Photos : Bert Meertens
Traduction : Brigitte Venturi

ISBN Agromisa : 978-90-8573-143-6
ISBN CTA : 978-92-9081-535-8

Cette publication a bénéficié du soutien de De Bouwkamp-Stichting.

Imprimé par : Digigrafi, Veenendaal, Pays-Bas.



Préface et remerciements

La riziculture de bas-fonds est pratiquée dans tous les pays d'Afrique tropicale. Bien que le riz occupe une place de choix dans les cultures et l'alimentation du bétail des familles de paysans africains, les informations sur la riziculture proviennent des expériences de production de riz à petite échelle faites en Asie. C'est pourquoi cet Agrodok se propose de fournir aux vulgarisateurs et aux petits riziculteurs d'Afrique tropicale les informations récentes et pratiques dont ils ont besoin pour améliorer la rentabilité et la durabilité de leurs systèmes de culture et méthodes de transformation du riz.

Pour écrire cette brochure, nous nous sommes basés sur nos expériences de recherche et de développement de la riziculture de bas-fonds en Tanzanie, au Togo, en Guyane, au Surinam et dans le Sahel. Cet Agrodok explique quelles étapes peuvent aider les paysans à obtenir de meilleures récoltes. Plusieurs experts et organisations agricoles expérimentés ont contribué à ce manuel. Ils ont partagé avec nous leur expertise et nous tenons à les en remercier : Robert Elmont, Ab Wanders, Paul Belder, Yacouba Séré et Jonne Rodenburg, pour leurs informations sur les méthodes de récolte, le stockage, la gestion de l'eau et la lutte contre les ennemis des cultures ; Timothy Krupnik et Roland Buresh pour leurs commentaires très pertinents sur la lutte contre les adventices et le SRI. Nous sommes également tout particulièrement reconnaissants à Willem Stoop et Wim Andriesse, qui ont relu l'ensemble du manuscrit.

Bert Meertens et Michiel de Vries

Sommaire

1 Introduction

Cet Agrodok sur la riziculture de bas-fonds est principalement destiné aux petits agriculteurs d'Afrique tropicale, car il propose un système et des pratiques culturales adaptées aux conditions propres à ce continent. La brochure vise à fournir aux vulgarisateurs et aux petits riziculteurs d'Afrique tropicale des informations récentes sur des systèmes de culture et de transformation du riz rentables et durables.

Il existait jusqu'à présent de nombreux documents sur la culture du riz de bas-fonds en Asie mais ce n'était pas le cas pour l'Afrique tropicale. Cet Agrodok cherche à combler ce manque.

En Afrique tropicale, environ la moitié des rizières se trouvent dans des basses terres, l'autre moitié dans les hautes terres. La riziculture en eau profonde n'occupe qu'une part minime de la surface totale cultivée en riz. Généralement, la riziculture de bas-fonds se caractérise par la submersion des champs de riz d'une lame d'eau ne dépassant pas 50 cm pendant pratiquement toute la période de croissance du riz. En revanche, dans la culture du riz en hautes terres, les champs ne sont presque jamais submergés. Quant à la riziculture en eau profonde, elle suppose la submersion

du champ dans plus de 50 cm d'eau. Dans ce système, la croissance de la plante de riz, qui connaît une élongation très rapide des entre-nœuds, accompagne la montée des eaux. Le riz flottant peut ainsi atteindre une hauteur de 5 m.

Cette brochure ne peut aborder tous les détails de la culture et de la transformation du riz de bas-fonds en Afrique tropicale ; son format ne le lui permet pas. De plus, l'Afrique tropicale couvre des réalités très différentes en matière de climat, de sol, d'insectes ou de gestion de l'eau. Aussi cet Agrodok se concentre-t-il sur les pratiques culturales que les agriculteurs peuvent eux-mêmes gérer, notamment la gestion de l'eau, et qui affectent la qualité et la quantité des récoltes.

Systèmes culturaux

La riziculture de bas-fonds couvre un large éventail de systèmes culturaux : *riziculture de mangrove* dans les régions côtières soumises à l'influence des marées, *riziculture de submersion* dans les fonds de vallées, plats ou en cuvette et plus ou moins inondés, *riziculture de bas-fonds fluviale* et *riziculture en zone endiguée en culture pluviale ou irriguée*. Le niveau de maîtrise de l'eau est un facteur majeur dans la classification de ces systèmes culturaux. Sans nivellement du sol, endiguement ou arrivée/évacuation de l'eau, il est difficile de bien maîtriser l'eau. Pour obtenir une maîtrise optimale de l'eau, il faut avoir des systèmes d'irrigation bien construits et bien gérés, des terrains parfaitement aplanis et un approvisionnement fiable en eau. La gestion de l'eau peut varier d'une maîtrise minimale à une maîtrise optimale de l'eau.

Le niveau de maîtrise de l'eau influe fortement sur la germination, la croissance de la plante et sa production. Il est par ailleurs déterminant pour le choix des méthodes de préparation du sol, de fertilisation et de lutte contre les herbes adventices et autres ennemis des cultures. Cet Agrodok décrit les méthodes culturales correspondant aux différents niveaux de maîtrise de l'eau : maximal, modéré ou faible.

2 Croissance et développement du plant de riz

2.1 Introduction

Ce chapitre décrit la croissance d'un plant de riz, les types de riz de bas-fonds poussant en Afrique tropicale et les différentes parties d'une plante. Il est en effet important de pouvoir identifier les stades de la croissance d'une plante et de connaître les différents types de riz pour bien gérer ses cultures.

Le cycle de croissance du riz connaît trois phases successives (Figure 1).

1. **Le stade végétatif,** de la germination à l'initiation paniculaire (fleur) au cours duquel le plant passe d'une tige (talle) comportant une seule feuille à une plante ayant de nombreuses talles et feuilles. Le stade végétatif peut durer de 35 à 120 jours ou plus.

2. **Le stade reproductif,** de l'initiation paniculaire à l'épiaison (émergence de la panicule à la base de la gaine foliaire) pendant lequel le plant développe des panicules. L'initiation paniculaire se produit généralement après que toutes les talles se sont développées. Pour savoir si une micro-panicule est en train de se former, on peut couper un plant de riz à la base de la talle principale.

3. **La phase de remplissage du grain et maturation,** de l'épiaison à la maturité, qui démarre environ trois jours après la fécondation d'un plant et se poursuit jusqu'à ce que les grains soient durs et bons à récolter.



Figure 1 : Stades de croissance : 1 Germination ; 2 Émergence ; 3 Début du tallage ; 4 Tallage maximum et initiation paniculaire ; 5 Floraison ; 6 Maturation.

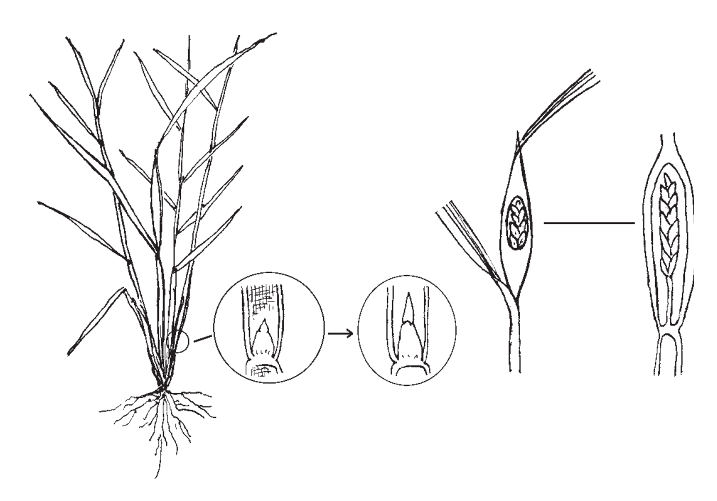


Figure 2 : Détails de l'initiation paniculaire ; micro-panicule à la base de la talle principale (à gauche) et panicule développée dans la gaine de la talle à l'épiaison (à droite).

La durée de la phase végétative peut énormément varier d'une variété à une autre.

2.2 Cycle de croissance

La plante du riz, de sa germination à sa maturité, connaît les différentes phases de croissance suivantes.

1. Germination

En contact avec l'humidité, le grain de riz germe en 24/28 heures. La température de germination optimale est de 30/32°C. La plupart des variétés ont une période de dormance (pendant laquelle le grain ne germe pas) courte voire même inexistante ; mais pour certaines variétés de riz africains (*Oryza glaberrima),* cette période peut être de quatre mois.

2. Émergence

Le plant émerge 4 à 5 jours après le semis et acquiert son indépendance dix jours après la germination, quand les réserves alimentaires du grain sont épuisées. Le plant a alors au moins deux feuilles et une racine de 5 cm de long.

3. Tallage

Le tallage commence lorsqu'environ cinq feuilles se sont développées ; pour les semis repiqués, il faut une semaine de plus, car le repiquage provoque un choc qui retarde le développement. On coupe parfois les feuilles des jeunes plants pour éviter une évaporation excessive les jours suivant le repiquage. Les cultivars modernes ayant un cycle de croissance moyen atteignent le nombre de talles maximum 50 jours après le repiquage ; c'est alors que commence l'initiation paniculaire.

4. Floraison

Il s'écoule environ 35 jours entre l'initiation paniculaire, début du stade reproductif, et la floraison. L'anthèse (ouverture des fleurs) de tous les épillets d'une panicule prend environ sept jours. Elle commence au sommet de la panicule et se poursuit vers la base.

5. Maturation

Il s'écoule généralement 30 jours entre la floraison et la maturation complète de tous les grains d'une panicule. La durée totale du cycle est de 105 à 125 jours pour les variétés à cycle court, de 130 à 160 jours pour les variétés à cycle moyen et de plus de 160 jours pour les variétés à cycle long.

Les basses températures retardent la maturation et les températures élevées l'accélèrent. La durée de la maturation varie aussi en fonction des régions (des altitudes notamment) et des différentes saisons (humide et sèche, froide ou chaude).

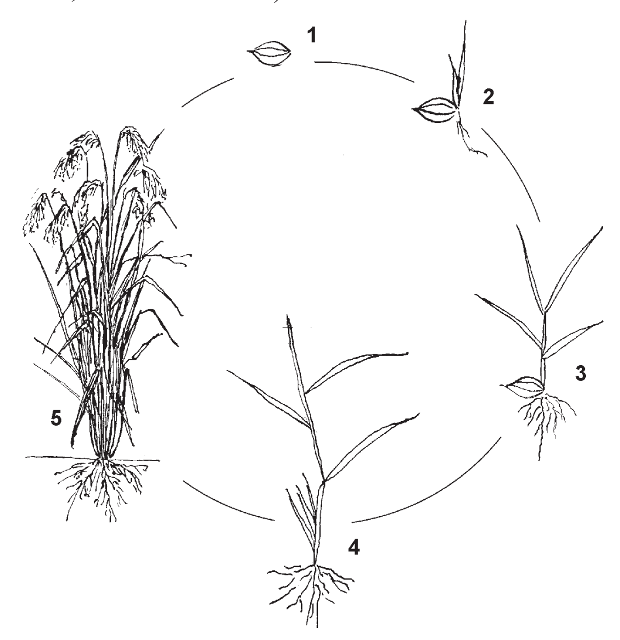


Figure 3 : Cycle de croissance de la plante de riz : 1 Grain ; 2 Plantule issue de la germination ; 3 Plant végétatif ; 4 Début du tallage ; 5 Plant mature.

2.3 Espèces de riz

Les espèces de riz cultivées et sauvages font toutes partie du genre botanique *Oryza*. Le riz africain (*Oryza glaberrima)* est d'origine africaine,

mais la plupart des variétés courantes utilisées dans la riziculture de bas-fonds en Afrique tropicale sont des espèces asiatiques (*Oryza sativa*). La principale espèce d'*Oryza sativa* cultivée en Afrique tropicale est *Indica*.

Les variétés *Indica* traditionnelles sont longues, feuillues, ont un tallage important et ont tendance à verser. Elles ont de bons rendements, même dans des conditions de gestion médiocres. Les cultivars modernes *Indica* sont petits, moins feuillus et ont moins de talles. Ces plantes résistent à la verse, sont insensibles à la photopériode et leur maturation est rapide. Enfin le rendement de ces cultivars modernes *Indica* est plus élevé que les variétés traditionnelles.

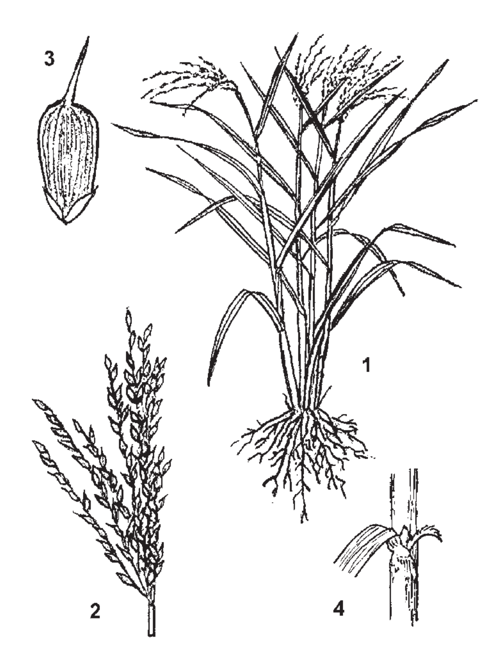


Figure 4 : Riz asiatique Oryza sativa : 1 Plant avec racines ; 2 Panicule ; 3 Grain mature ; 4 Base foliaire avec une ligule caractéristique (langue) et une auricule.

Le riz est presque autogame à 100 % mais la pollinisation se fait aussi, dans une moindre mesure, par le vent. La hauteur maximale de la plante

dépend de la variété et des conditions de croissance ; les cultivars modernes font environ 90 cm, d'autres atteignent 120 cm ou même plus.

Les variétés de riz africain (*Oryza glaberrima*) résistent assez bien à certains ennemis et aux maladies d'Afrique (voir Chapitre 8). Dans certaines régions d'Afrique, le riz est devenu une herbe, dans d'autres, il est apprécié pour son goût et son adaptation aux conditions locales. Le riz africain est presque exclusivement cultivé en Afrique de l'Ouest et est pratiquement absent en tant que plante cultivée en Afrique centrale, de l'Est et australe.



Figure 5 : Riz asiatique Oryza Glaberrima : 1 Plant avec racines ; 2 Panicule ; 3 Grain mature.

Sa croissance végétale est rapide et ses talles vigoureuses ainsi que son feuillage prolifique font que son recouvrement est large et ouvert. Il est

donc très compétitif parmi les autres herbes. Cependant, ses tiges sont plutôt faibles et cassantes, ce qui le rend sujet à la verse ; beaucoup de grains sont alors perdus. Le riz africain se distingue du riz asiatique par le peu de branches secondaires partant des branches primaires des panicules, par une ligule plus petite et moins prononcée et par l'absence d'auricules (voir Figures 4 et 5). Les variétés de riz asiatiques se comportent généralement mieux dans des conditions humides.

2.4 Variétés de riz

Pour sélectionner leurs variétés de riz, les agriculteurs considèrent les caractéristiques suivantes :

- Potentiel de rendement en grains
- Durée de maturation du grain
- Longueur et robustesse de la tige
- Précocité
- Résistance aux ravageurs, mauvaises herbes et maladies
- Caractéristiques de cuisson et de préparation
- Croissance adaptée aux conditions humides et sèches.

Bien que le riz ne soit pas vraiment une plante aquatique, il s'est adapté aux conditions humides et ses racines peuvent croître aussi bien dans des milieux secs que gorgés d'eau. Cependant, certaines variétés se comportent mieux dans des conditions d'humidité permanentes alors que d'autres sont mieux adaptées à l'alternance d'humidité et de sec. Les variétés sont choisies en fonction des données écologiques du champ spécifique et des facteurs économiques et sociaux de l'exploitation.

De nombreuses variétés ont des noms locaux, mais souvent, elles ne sont pas d'origine locale. Les agences de développement et les instituts de recherche asiatiques et africains comme l'IRRI et le Centre du riz pour l'Afrique ont introduit en Afrique des cultivars provenant de différentes parties du monde.

Les cultivars NERICA (« Nouveau riz pour l'Afrique ») introduits par le Centre du riz pour l'Afrique et résultats de croisements entre les riz asia-

tique et africain, jouissent notamment d'une popularité croissante. Les traditions paysannes voulant que les graines de semence soient indéfiniment recyclées, presque toutes les variétés se sont adaptées aux conditions locales et n'ont plus grand chose à voir avec la variété originelle. De plus, étant donné leur grand nombre et leur adaptation spécifique à différentes régions, il est pratiquement impossible de fournir une liste des principales variétés et de leurs caractéristiques.

3 Systèmes de riziculture de bas-fonds

En Afrique tropicale, la riziculture de bas-fonds, qui se pratique dans les mangroves, les bas-fonds à l'intérieur des terres, les plaines alluviales et les périmètres irrigués, compte pour 55 % de la surface totale de riz cultivé. En Afrique subsaharienne, il existe tout un éventail de systèmes de riziculture de bas-fonds, des forêts pluviales tropicales à la savane semi-aride. Dans cette brochure, nous nous limitons aux cultures des bas-fonds recouverts de 50 cm d'eau maximum. Nous n'aborderons donc pas la riziculture en eau profonde.

Ce qui distingue principalement les différents systèmes rizicoles de bas-fonds entre eux, c'est le degré de maîtrise de l'eau et les différentes sources d'approvisionnement en eau. Le Tableau 1 propose une estimation des rendements possibles pour chaque système cultural au regard de ces deux facteurs.

Il n'est pas facile d'établir une distinction claire et nette entre ces systèmes culturaux qui forment en fait un continuum. Le niveau de maîtrise de l'eau peut en effet varier dans le temps et dans la même parcelle cultivée. Il se peut que les champs soient irrigués en période sèche mais pas en période

humide, pendant laquelle ils bénéficient de l'eau de pluie. Dans les schémas d'irrigation, le niveau de maîtrise de l'eau peut aussi être différent d'un bout du champ à l'autre. Généralement, on estime que 10 % de la riziculture de bas-fonds recourt à un niveau élevé de maîtrise de l'eau.

Tableau 1 : Niveau de maîtrise de l'eau, source d'eau et estimation du rendement pour les différents systèmes rizicoles de bas-fonds

Systèmes culturaux	Niveau de maîtrise de l'eau	Source d'eau	Rendement cultural réalisable (t/ha)
Bas-fonds pluviaux non endigués	Faible	Pluie / inondation	0,5 – 2
Bas-fonds pluviaux endigués	Faible - moyen	Pluie / inondation / eau souterraine	1 – 3
Irrigation partielle	Moyen - élevé	Pluie / inondation / irrigation	1,5 – 5
Périmètres irrigués	Élevé	Irrigation	3 – 8

Culture pluviale de bas-fonds

Dans les bas-fonds pluviaux non endigués, les principales sources d'eau sont la pluie et les crues provenant des rivières voisines. La productivité de ce système cultural est relativement faible car on ne peut ni maîtriser la quantité d'eau apportée aux plantes ni planifier le moment opportun pour le faire, et les périodes sèches peuvent alterner avec des périodes excessivement pluvieuses ou même des crues exceptionnelles. Par ailleurs, le faible niveau de maîtrise de l'eau empêche de bien préparer la terre et de lutter contre les mauvaises herbes. Aussi la quantité et la qualité de la production en riziculture pluviale non endiguée sont-elles généralement peu satisfaisantes.

Culture pluviale de bas-fonds endiguée

Dans les bas-fonds pluviaux où des digues ou diguettes ont été aménagées, les nappes phréatiques constituent une source d'eau supplémentaire là où les terrains sont suffisamment inclinés. Les levées construites dans les rizières aident à maintenir l'eau dans une zone délimitée. On peut redis-

tribuer l'eau dans les champs adjacents en pratiquant de petites brèches. Il est cependant difficile de drainer l'excès d'eau dans la partie la plus basse du champ.

Culture d'irrigation partielle
La culture d'irrigation partielle renvoie à deux cas de figure. Le premier est une culture pluviale de bas-fonds endiguée où l'on cherche à mieux maîtriser l'eau en nivelant le terrain, en construisant des canaux de drainage et en faisant du terrassement. Des diguettes ou éventuellement un réservoir d'eau permettent de mieux maîtriser l'approvisionnement en eau. Le second cas de figure est celui d'un système d'irrigation et de drainage fonctionnant imparfaitement suite à une mauvaise distribution d'eau, à une maintenance défectueuse des canaux ou à des dispositifs d'irrigation et de drainage inadéquats. Quoi qu'il en soit, même dans ces conditions d'irrigation défectueuses, les rendements peuvent atteindre les 5 tonnes/ha.

Culture d'irrigation complète
Dans les cultures entièrement irriguées, la maîtrise du niveau d'eau dans les champs est totale et permanente. Pour ce faire, il faut pouvoir compter sur d'excellentes infrastructures dans l'ensemble de la zone irriguée ainsi que sur une forte organisation sociale. Tout d'abord, les dispositifs d'amenée et d'évacuation d'eau pour l'irrigation et le drainage doivent fonctionner sans discontinuer à tout moment de l'année. Ensuite, les associations d'usagers de l'eau doivent être suffisamment organisées pour assurer une distribution continue, honnête et équitable. Dans ces circonstances, les niveaux de production peuvent atteindre les 8 tonnes/ha dans les régions fortement ensoleillées.

3.1 Avantages d'une bonne maîtrise de l'eau

Il est important de bien maîtriser l'eau pour :
- *satisfaire les besoins en eau de la plante à tous les stades de sa croissance*
- *bien préparer le sol*
- *lutter efficacement contre les herbes adventices*
- *bien gérer la fertilisation du sol.*

Le Tableau 1 montre que le rendement varie énormément en fonction du niveau de maîtrise de l'eau. Les cultivateurs choisissent leurs modes de culture en fonction du système de riziculture et du niveau de production potentiel. Ainsi, dans la culture pluviale de bas-fonds, les cultivateurs sèment directement pour que la germination se fasse avant l'arrivée de la pluie, alors que dans les systèmes où le facteur eau est mieux maîtrisé, ils mettront le sol en eau et pratiqueront le repiquage.

Une plus grande maîtrise de l'eau peut entraîner une amélioration considérable de la production et inciter le cultivateur à adopter un mode de culture complètement différent. Lorsque les conditions se prêtent à une bonne maîtrise de l'eau, les cultivateurs peuvent par exemple pratiquer le système de riziculture intensive (SRI). L'Encadré 1 présente les caractéristiques essentielles du système SRI. (Pour en savoir plus sur les méthodes d'amélioration de la maîtrise de l'eau, reportez-vous au chapitre 5). Une fois le facteur eau bien maîtrisé, il est possible de cultiver autre chose entretemps, à moins que d'autres facteurs ne s'y opposent. On peut par exemple cultiver des fleurs ou des légumes pendant la contre-saison.

Sans maîtrise de l'irrigation et du drainage, l'application d'herbicides restera probablement inefficace, de même que l'apport de fertilisant comme l'azote. Tous ces cas de figure sont expliqués en détail dans les chapitres 6 et 7.

Encadré 1 : le Système de riziculture intensive (SRI)

Le Système de riziculture intensive (SRI) a été mis au point à Madagascar dans les années 1980 et s'appliquait à la riziculture irriguée. Le SRI est issu de la collaboration entre des cultivateurs de riz, une ONG et un prêtre catholique français diplômé d'agronomie. Le SRI partait du principe qu'il était possible de produire plus de talles fécondes et plus de grains que ce qu'on obtenait jusque là si on améliorait la gestion du sol, de l'eau et du plant.

Les aspects essentiels du SRI sont :
- *Un repiquage précoce, un plant par pied et un plus grand espacement entre les pieds*
- *Pas d'eau stagnante pendant le stade végétatif*
- *Application de compost*
- *Désherbage précoce et fréquent.*

Il est conseillé de prendre des plants de 8 à 12 jours, avant qu'ils aient plus de trois feuilles. Pour les sols pauvres, il est préférable de repiquer deux plants par pied. On conseille aux cultivateurs de laisser d'abord un espace de 25 x 25 cm entre deux pieds, et de 35 x 35 cm environ pour les sols riches. Sur les sols pauvres, un moindre espacement, de 20 x 20 cm, sera préférable. Le SRI recommande d'éviter la submersion permanente pendant les deux premiers mois et de drainer régulièrement les champs. Les planches sont mises à sec pendant 2 à 6 jours tous les 7 à 15 jours puis recouvertes d'une fine lame d'eau (± 5 cm). Cela favorise l'aération et le réchauffement du sol pendant les drainages, ce qui stimule la croissance racinaire ; l'idéal étant d'apporter de petites quantités d'eau chaque jour en fin d'après-midi ou en soirée et de drainer l'excès d'eau le matin suivant. Cette gestion de l'eau est plus facile si le champ est bien nivelé et si le système de drainage fonctionne bien. Des applications d'1 ou de 2 tonnes (voire plus) de très bon compost par ha sont souhaitables pour obtenir de bons rendements et améliorer la vie biologique du sol. Mais l'utilisation d'autres engrais organiques ou non organiques n'est pas exclue. Pour le désherbage pratiqué fréquemment en début de croissance des plants, l'usage de sarcleuses que l'on pousse manuellement est préféré à celui de la houe.

On attribue au SRI les avantages suivants :

- *une production accrue : augmentation du rendement moyen de 2 tonnes/ha comparativement aux pratiques existantes*
- *un meilleur retour sur travail*
- *une réduction de la consommation en eau (jusqu'à 50 % en moins)*
- *moins d'intrants achetés (grains, engrais non organiques, pesticides)*
- *une amélioration de la qualité du sol*

Le SRI préconise un ensemencement de 5 à 10 kg de grains à l'hectare, ce qui incite les petits cultivateurs à adopter des semences améliorées.

Comme le sol est de meilleure qualité, l'efficacité des engrais, organiques ou non organiques, s'en trouve augmentée et on peut donc en utiliser moins. Le SRI produit des plants de riz bien développés et sains, donc plus résistants aux ennemis des cultures et à la sécheresse. Par conséquent, on a moins besoin de pesticides pour protéger les plantes. Tous ces avantages font que les cultivateurs SRI ont des revenus supérieurs aux cultivateurs de riz traditionnels.

Les conditions préliminaires au SRI sont :

- *une bonne maîtrise de l'eau et des champs correctement aplanis*
- *la réalisation au moment opportun des diverses opérations dans les champs*
- *une main-d'œuvre plus nombreuse et plus de compost que dans les pratiques traditionnelles*
- *l'acquisition de savoir-faire*

Les changements radicaux qu'implique cette méthode culturale et les nouvelles compétences à acquérir font que le SRI peut se révéler coûteux en termes de services de vulgarisation et de formation. Ces coûts initiaux ne devraient cependant pas constituer un problème dans les zones de riziculture à fort potentiel SRI où il est possible de bien maîtriser l'eau et où les familles constituent un bon réservoir de main-d'œuvre. Cependant, les cultivateurs ayant des problèmes d'approvisionnement et de gestion de l'eau ou qui disposent de peu de main-d'œuvre auront plus de mal à appliquer les méthodes SRI et risquent d'avoir des résultats décevants.

4 Préparation du sol et mise en place des cultures

4.1 Préparation du sol

La préparation du sol est essentielle à une bonne mise en place des cultures. Dans la riziculture de bas-fonds, cela se fait généralement sur terrain humide. Cette préparation sert avant tout à lutter contre les herbes adventices et doit se faire quelques semaines avant la plantation afin de permettre la décomposition des adventices et autres matériaux organiques présents dans la terre. Préparer le sol a aussi l'avantage d'assouplir la terre, ce qui facilite son nivellement et la pénétration des racines. Bien préparer la terre, c'est aussi aplanir les champs : une condition préalable à une utilisation efficace et contrôlée de l'eau. Souvent aussi, il faut labourer pour enfouir les engrais qui demandent à être appliqués avant les plantations.

Labour

La principale méthode de labour en terrain humide consiste à détremper le sol jusqu'à saturation et à labourer sur une profondeur de 10 à 15 cm au moyen d'une charrue tractée par des bœufs, de petits engins mécanisés ou tout simplement d'une houe. Cette première opération de labour se fait de préférence sur un terrain recouvert d'une fine lame d'eau (surtout si on recourt à des animaux de trait ou à des motoculteurs) car cela permet de réduire la consommation énergétique.

Mise en boue

Après la première opération de labour, des herses à traction animale ou des motoculteurs (voir Figure 6 ci-dessous) peuvent être utilisés dans les champs mis en eau pour émietter les mottes de terre et obtenir un lit boueux assez grossier qui facilite le repiquage. Cette opération s'appelle la mise en boue ou encore puddlage.



Figure 6 : Emploi d'un motoculteur pour mettre en boue une rizière irriguée, au sud du Togo

La mise en boue défait complètement la structure du sol pour diminuer la percolation d'eau et enterrer les adventices. Cela assouplit également le sol et facilite donc le nivellement et le repiquage des plants. L'opération de mise en boue peut s'achever par le passage d'un râteau ou d'une planche pour enterrer plus profondément les adventices, assouplir et aplanir la couche de boue. L'ensemencement se fait deux ou trois jours plus tard, pour laisser le temps aux sédiments flottants de se déposer.

L'opération de labour primaire peut être réalisée par intervalles, afin d'arracher les adventices qui repoussent. Dans les rizières contenant beaucoup

d'adventices vivaces, il est recommandé de passer la charrue à disques immédiatement après la récolte, pour exposer leurs racines au soleil.

Préparer le sol au moment opportun permet aussi de planifier au mieux la plantation. La plupart des cultivateurs utilisent la houe mais ceux qui disposent d'une traction animale peuvent préparer le sol cinq fois plus rapidement. Un motoculteur (tracteur à deux roues) est 2 à 3 fois plus rapide que la traction animale et un tracteur (à quatre roues) est 4 à 8 fois plus rapide qu'un motoculteur. Cependant, l'acquisition et l'entretien d'un tracteur sont coûteux. De plus, si le sol est maintenu humide et mou, toutes les machines agricoles - en particulier les gros engins - auront tendance à s'enfoncer, ce qui créera des problèmes de mobilité, de compactage du sol et de profondeur de labour.

Si vous songez à passer à la culture motorisée, assurez-vous que vous pourrez vous en servir correctement, obtenir des pièces de rechange et bénéficier de services après-vente.

Il est recommandé de passer d'abord de la culture manuelle à la culture attelée ou au motoculteur plutôt que de passer immédiatement à la culture mécanisée. De toute façon, cette dernière option ne convient pas aux toutes petites rizières.

4.2 Nivellement du sol

Comme le riz de bas-fonds pousse en milieu humide, la culture gagne à se faire sur des terres aplanies pour minimiser le nombre de levées de terre. Une certaine inclinaison est cependant nécessaire pour obtenir un drainage correct. En général, une bonne gestion de l'eau dans des champs relativement grands demande une inclinaison de moins d'1 %. Dans les petites rizières, la gestion de l'eau se fera mieux si les pentes sont encore plus douces.

Le nivellement du sol aide à bien gérer l'eau, car la quantité d'eau nécessaire dans la rizière est réduite et mieux contrôlée. Cela améliorera à son tour la suppression et la lutte contre les adventices, la mise en place de la culture, l'utilisation efficace des nutriments, l'uniformité et la maturation des récoltes, le drainage, le rendement et les profits. Il faut donc faire

attention à labourer en préservant le nivellement du sol. Généralement, les points surélevés émergeant au-dessus de l'eau seront envahis par les adventices. Avant de niveler le sol, il est donc bon de repérer les creux et les bosses, l'objectif étant de minimiser les déplacements de terre et d'équipements. En traçant un huit sur toute la surface du champ, vous pouvez identifier les bosses ou les creux et évaluer comment déplacer la terre le plus efficacement possible.

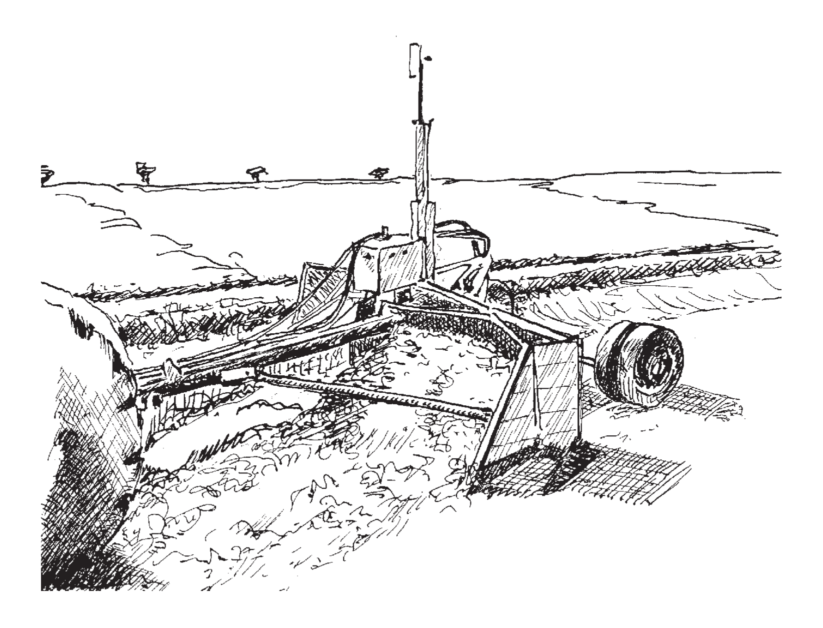


Figure 7 : Nivellement d'un champ au moyen d'un dispositif laser

Le nivellement des champs de 0,25 ha maximum peut se faire au moyen de motoculteurs équipés d'une lame ou de matériel à traction animale (planche ou godet de nivellement). Pour des champs de plus de 0,5 ha, on utilisera des tracteurs équipés d'une lame ou de godets. Ces systèmes sont en mesure d'égaliser des dénivelés de 4 à 5 cm. Grâce aux récentes innovations utilisant des systèmes laser, il est possible d'aplanir les champs de façon très précise et cela n'est pas très coûteux. Les systèmes guidés au laser sont en mesure d'égaliser des dénivelés d'1 cm.

L’opération de nivellement demande une certaine connaissance des composants chimiques (acidité et salinité par ex.) et des propriétés physiques (comme le taux d’infiltration) du sous-sol. Il est également important de s’assurer que cela ne créera pas de problème dans le sous-sol. Dans les zones où le taux d’infiltration augmentera suite à l’enlèvement de grandes quantités de terre et des croûtes de battance, on peut s’attendre à une forte déperdition de nutriments ou de substances chimiques. Les zones recouvertes d’une nouvelle couche de terre auront, elles, moins besoin d’engrais pour la première récolte puisque cette couche de terre, prise en surface ailleurs dans le champ, est une terre végétale riche. En revanche, les zones d’où provient cette terre végétale auront probablement besoin d’engrais supplémentaires.

Effet de cuvette

Les pratiques de labour traditionnelles recourant à la traction animale et aux tracteurs déplacent souvent le sol vers la périphérie. À la longue, de tels mouvements créent une sorte de cuvette au centre du champ qui ne se laboure pas facilement et que les adventices envahissent peu à peu. Dans ce cas, il convient de labourer de façon systématique du centre vers l’extérieur en veillant à laisser un sillon de drainage autour du champ.

4.3 Construction de digues

Les digues ou diguettes servent à retenir la terre et sont un élément déterminant de la gestion de l’eau. Elles peuvent être construites manuellement ou mécaniquement et seront compactées et renforcées après leur première mise en place. Il est recommandé de construire les digues, ou du moins de marquer leur emplacement, avant de commencer le nivellement. Certains cultivateurs décident de préparer de nouvelles rizières en construisant des digues à la fin de la saison des pluies, lorsque les sols sont encore humides et malléables. Dans les rizières situées dans des vallées constituant de grands bassins versants, les digues seront plus hautes et plus larges pour mieux résister aux fortes crues. Notons que le nivellement du terrain permet de réduire à la fois le nombre et la hauteur des digues et donc d’augmenter la surface cultivée. Des digues élevées sont souvent le signe que les champs ne sont pas bien aplanis.



Figure 8 : Construction de digues

4.4 Pratiques de labour minimal

On parle de « labour minimal » lorsque dans un mode de culture, le sol est très peu labouré pour préserver la matière organique dans le sol et réduire les coûts de préparation du sol.

Ces dix dernières années, la pratique du labour minimal en riziculture se généralise. On obtient d'excellentes pépinières sur des terres sablonneuses ou limoneuses peu labourées. Les sols argileux en revanche demandent à être bien labourés, car ils sont collants. Dans les sols argileux où le labour minimal est encore possible, cette pratique améliore le contact grain-sol. Des labours normaux sur de tels sols argileux produisent souvent des sols motteux non propices au contact grain-sol. Le labour minimal ne produit pas de telles mottes.

Le labour minimal n'est guère praticable dans les champs non aplanis ou irréguliers (suite au passage des tracteurs notamment), ni dans les rizières à la végétation excessive ou envahies d'adventices difficilement contrôlables (comme le riz sauvage/rouge). Une végétation dense nuit au contact grain-sol et est problématique pour obtenir un peuplement végétal adéquat. Dans les champs défoncés et les terres non nivelées, labourées de façon minimale, la gestion de l'eau sera problématique et la production de riz en souffrira.

4.5 Mise en place des cultures

Ce paragraphe vous apporte des informations sur les différentes méthodes de plantation et d'ensemencement pour la mise en place des cultures en :

- semis direct humide
- semis direct sec
- repiquage.

La mise en place des végétaux est une étape essentielle pour réussir la culture du riz. Elle doit être faite de sorte à optimiser le développement des panicules. La quantité de panicules dépend de la capacité de tallage du plant, qui est elle-même déterminée par la variété, la gestion de l'azote (N) et la densité de plantation. Le riz a la capacité de s'étaler et de produire beaucoup de tiges portant de nombreuses panicules ; une trop forte densité de plantation peut limiter la formation de talles, accroître les risques de maladies et produire des plants étiolés plus susceptibles de verser. Le Système de la riziculture intensive (voir Encadré 1) est fondé en grande partie sur ces caractéristiques du plant de riz.

Il est évident que l'on peut parvenir au peuplement végétal optimal en jouant sur la densité du semis. La quantité de graines nécessaire sera fonction de la variété (grosseur et poids des graines), de la qualité de la pépinière, de la faculté de germination de la semence (liée à sa qualité), de la méthode de semis et de l'environnement. Une germination inférieure à 50 % est chose courante, en particulier en cas de semis direct humide et de labour minimum. Il faut donc doubler la quantité de semences pour atteindre le peuplement végétal désiré.

Une bonne production dépend en premier lieu de la qualité des semences. Une semence de qualité a un bon taux de germination, est pure, bien remplie et de taille homogène. Elle ne contient pas de semences d'adventices, d'agents pathogènes, d'insectes ou autres. Les graines certifiées sont des semences de qualité dont la pureté (normalement, moins de 2 à 4 % d'impuretés, c'est-à-dire des graines d'adventices, d'autres variétés de riz ou de poussière) est certifiée, ainsi que sa faculté germinative (au moins 80 % en moyenne). Mais attention, la faculté germinative n'est garantie que pour l'année du contrôle, spécifiée sur l'étiquette. Vous pouvez vous fier à l'indication de la variété sur l'étiquette, car le lot a été comparé à un échantillon de référence. La certification de la semence est effectuée par des instituts agréés au niveau national ; les normes varient cependant en fonction des pays. Les semences certifiées sont issues d'agences gouvernementales ou d'entreprises privées. Dans les deux cas, des agriculteurs bien entrainés peuvent collaborer à la production de graines certifiées.

4.6 Semis direct humide

Les graines de riz à semer directement sur terrain humide peuvent être sèches ou prégermées (prétrempées). Les graines sèches risquant de flotter, il est préférable qu'elles germent avant d'être semées : les graines humides sont plus lourdes et tombent immédiatement dans la terre.

Pour faire prégermer les semences, faites-les tremper dans l'eau 48 heures avant l'ensemencement, en changeant l'eau toutes les quatre heures si possible. Au bout de 24 heures, mettez les graines à l'ombre et rincez-les si possible pour qu'elles ne chauffent pas trop. Attendez encore 24 heures, voire 36 heures, avant de semer.

Une fois germées, les graines doivent être rapidement semées pour ne pas se détériorer. L'ensemencement se fera de préférence un jour ou deux après avoir préparé le sol (en fonction de sa texture), pour que la graine ne s'enfonce pas trop profondément ; recouverte de boue et d'eau, elle aurait alors du mal à sortir de terre.

Pour l'ensemencement à la volée, la densité de semences préconisée est de 80 à 150 kg/ha. Pour les graines ayant une faculté germinative faible, il est conseillé de semer plus densément. Une densité de 60 à 80 kg/ha convient bien au semis en ligne sur sol humide. Les grains ne doivent pas s'enfoncer de plus d'1 cm dans la terre.

Le semis direct humide demande un bon nivellement du sol et un bon contrôle des adventices. Cependant, ce semis est moins exigeant qu'un semis en sec. En effet, les grains s'envoleront moins facilement si le sol est grossièrement préparé ; ils s'enfonceront mieux dans le sol et se développeront plus rapidement. Après l'ensemencement, on peut ne pas recouvrir le sol d'eau ou de 5 cm au plus.

Afin de pouvoir ressemer là où le semis n'a pas levé, faites tremper et incuber une quantité suffisante de semences supplémentaires (environ 1 kg/ha) dès le lendemain du premier semis. Semez-les à la volée dans les zones problématiques et ce, dès que vous vous en apercevez (environ trois jours après l'ensemencement). Si nécessaire, vous pouvez également repiquer des plants dans les zones nues 15 à 20 jours après le premier semis.

La pratique du semis direct humide est intéressante pour supprimer le riz rouge/sauvage ou d'autres herbes, car lorsque la parcelle est inondée, l'oxygène du sol est remplacé par l'eau et les herbes ne peuvent plus germer. Une mise en eau des terres immédiatement après la préparation du sol est la meilleure façon de lutter contre les mauvaises herbes car cela limite les chances de germination des herbes.

4.7 Semis direct sec

Dans le semis direct sec, les graines sont semées sur le sol sec juste avant ou après la préparation du terrain. Dans ce dernier cas, on recouvre ensuite les graines d'une fine couche de terre. Dans la culture pluviale de bas-fonds, l'ensemencement se fait juste avant l'arrivée de la pluie pour favoriser la germination. Les plantations profitent ainsi des pluies précoces. Si le sol est bien humide, il est superflu d'irriguer. Mais si le sol est sec et si

la pluie se fait attendre, il convient d'irriguer dans les quatre jours suivant l'ensemencement pour obtenir une levée uniforme. Le semis direct humide demandera plus d'eau et d'engrais s'il n'existe pas de croûte de battance naturelle limitant l'infiltration d'eau et la percolation.

La densité de graines pour l'ensemencement à la volée est de 80 à 150 kg/ha. Le semis de surface étant fortement exposé aux oiseaux et aux rats, il est recommandé de sarcler après le semis. Il est aussi possible de semer en sillon. Faites alors des sillons de 5 à 10 cm de profondeur et espacez-les de 15 cm. Semez à la volée et sarclez légèrement ; les graines lèveront bien et dru. Pour l'ensemencement en ligne, comptez 60 à 80 kg de semences à l'ha. Semez si possible à 2,5 cm de profondeur, surtout pour les variétés demi-naines. Le semis en ligne demande une parcelle bien préparée et sans adventices.

Pour ressemer là où le semis a mal levé, attendez que le champ soit suffisamment humide pour permettre la germination, puis faites tremper et incuber des semences supplémentaires (1 kg/ha environ) le lendemain. Semez à la volée les graines supplémentaires dans les zones à problème une semaine après le premier semis. Si nécessaire, vous pouvez également repiquer des plants sur des parcelles nues 15 à 20 jours après le premier semis.

Le semis direct sec est particulièrement adapté aux terrains où l'on peut préparer un beau lit de semences et où les herbes annuelles et pérennes (y compris le riz rouge/sauvage) ne constituent pas une nuisance. Les adventices sont plus rapidement un problème dans les semis direct secs que dans les semis directs humides. En préparant bien le lit de semences, on obtiendra une profondeur de semis constante.

4.8 Repiquage

Dans la riziculture de bas-fonds, les plants poussent généralement dans des pépinières humides et parfois dans des pépinières sèches. Les pépinières humides sont préparées dans un champ boueux ou humide. Les graines sont prégermées et occupent tout le lit de semis, qui reste constamment

humide. Les pépinières sèches sont, elles, mises en place près d'une source d'eau, avant la préparation de la terre.



Figure 9 : Repiquage

La densité des semences destinées au repiquage est de 80–100 kg/ha, en fonction de la qualité de la semence utilisée. Généralement, il faut environ une pépinière de 1000 m^2 pour pouvoir repiquer un champ d'un hectare. Pour obtenir une germination uniforme, les graines que l'on vient de semer seront recouvertes d'une fine couche de terre (offsetage) et arrosées jusqu'à saturation. On arrose ensuite le semis quand c'est nécessaire. Dans les deux cas, pépinières sèches ou humides, les plants sont prêts à être repiqués 20 à 35 jours après l'ensemencement.

Les bons plants sont arrachés et transplantés dans les parcelles bien préparées et saturées d'eau. Le repiquage doit se faire 1 ou 2 jours après le

labour, sinon les plants s'enfonceraient trop profondément dans la boue et auraient du mal à pousser. Les plants sont souvent repiqués en ligne, à raison de 2 ou 3 plants par pieds et à une profondeur de 3 à 4 cm. Les variétés fortement tallées et à maturation tardive plantées dans un sol fertile seront plus espacées (30 cm × 30 cm) que les variétés peu tallées plantées dans des terres moins fertiles (20 cm × 20 cm). L'espacement pour le riz irrigué est normalement de 20 cm x 20 cm entre des pieds de 2 à 4 plants (500 000 à 1 000 000 plants/ha).

En général, dans les bas-fonds, le riz est cultivé en monoculture. Le repiquage manuel requiert le travail de 15 à 20 personnes par jour et par ha. Le repiquage mécanique peut couvrir 1 à 2 ha par jour mais exige un nivellement optimal du champ et une maîtrise totale de l'eau ainsi qu'un savoir-faire spécifique du cultivateur.

Dans les systèmes de culture pluviale de bas-fond, les agriculteurs estiment qu'il faut 15 cm d'eau pour optimiser le repiquage. Une lame d'eau moins profonde serait risquée dans la mesure où il peut y avoir de grandes sécheresses après le repiquage. Cependant, au-delà de 15 cm d'eau, le tallage est moins important. Si des crues surviennent, elles emporteront les plants peu enracinés et la production s'en ressentira. Lorsqu'une parcelle est endommagée, mieux vaut procéder à une nouvelle plantation dans les deux semaines suivant le premier repiquage.

Au regard de l'uniformité, souhaitée, du peuplement végétal, le repiquage est plus efficace que le semis direct. Cependant, il requiert beaucoup plus de main-d'œuvre. Cela étant, le semis direct exige aussi un bon nivellement du sol et une bonne maîtrise de l'eau. Pour toutes ces méthodes de plantation, il est recommandé d'avoir des semences ou des plants propres, uniformes et améliorés. On peut ainsi améliorer les rendements de 5 à 20 % !

5 Gestion de l'eau

5.1 Besoin et fonction de l'eau

Les plants de riz ont besoin de beaucoup d'eau pour bien pousser et accomplir leur cycle de vie. C'est pourquoi cette culture se fait souvent dans des bassins et des rizières inondées. La présence permanente de l'eau dans les parcelles empêche aussi les mauvaises herbes de pousser et peut améliorer l'efficacité des engrais azotés. Presque toutes les variétés de riz de bas-fonds sont très sensibles au stress hydrique, qui peut d'ailleurs aussi se produire quand le sol est humide.

Le besoin d'eau varie énormément en fonction des variétés de riz de bas-fonds. Cela peut aller de 300 mm à 2500 mm par saison, en fonction des propriétés du sol, du climat, des variétés et de la méthode culturale choisie. Pendant sa croissance, la plante évapotranspire (de l'eau s'évapore) à travers de petites ouvertures (stomates) dans les feuilles (voir Figure 10 flèche 3). La transpiration ne représente souvent qu'une petite partie de l'eau utilisée par la plante mais c'est en transpirant que celle-ci produit de la biomasse. Un plant de riz rejette 250 à 500 mm d'eau dans l'atmosphère par saison. Le reste de l'eau s'évapore à partir du sol et de la surface de l'eau (n° 5), percole en profondeur dans le sol (n° 9), ruisselle dans les parcelles voisines (n° 8) ou est évacué par drainage (n° 7).

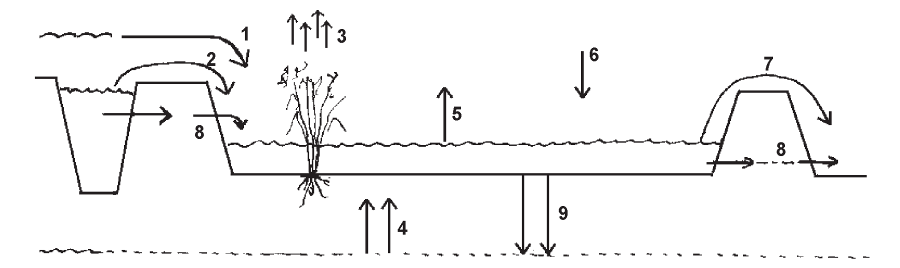


Figure 10 : Schéma des mouvements d'eau dans une rizière ; exemple d'un champ irrigué et submergé. Les numéros sont expliqués dans le texte.

5.2 Sources d'eau

La plante de riz peut être approvisionnée en eau de différentes façons. La Figure 10 mentionne diverses sources d'eau : la pluie (flèche n° 6), les crues saisonnières d'une rivière ou d'un lac (flèche n° 1), l'eau souterraine (flèche n° 4), les ruissellements provenant de terres plus élevées (flèche n° 8) et l'irrigation (n° 2). Il est important pour un cultivateur de savoir d'où peut provenir l'eau nécessaire à ses cultures.

En Afrique tropicale, les précipitations sont souvent irrégulières mais la connaissance de la pluviométrie locale peut aider à estimer raisonnablement les précipitations sur l'ensemble de la saison.

Les crues saisonnières d'une rivière ou d'un lac varient chaque année et sont difficiles à estimer à l'avance. Les crues sont parfois prévisibles mais le volume d'eau ainsi fourni est souvent difficile à prévoir.

L'eau souterraine est une source d'eau souvent sous-estimée. Quand la nappe phréatique n'est pas profonde, l'eau parvient aux plantes par montée capillaire. Le niveau de la nappe phréatique fluctue au cours de l'année et l'apport d'eau par montée capillaire à la fin de la saison humide est une source à ne pas négliger.

Le ruissellement à partir de terres plus élevées contribue largement à approvisionner les rizières endiguées et permet de capter l'eau de pluie.

Quant à l'irrigation, c'est une méthode artificielle d'approvisionnement en eau. Elle peut prendre différentes formes mais dans les rizières, elle consiste à déverser de l'eau dans un champ jusqu'à ce qu'il soit recouvert d'une lame d'eau stagnante. Les schémas d'irrigation organisent la distribution de l'eau dans chacune des parcelles. Dans certains cas, des bassins d'eau provenant de rivières, d'étangs (profonds) ou de barrages stockent l'eau qui irriguera les rizières au moment voulu. Il arrive que pour certains sols problématiques (très salins ou acides par ex.), on recourt à l'irrigation par sillon, en association avec des lits surélevés, mais cette méthode n'est pas courante car elle demande beaucoup de travail. En Afrique, l'irrigation du riz par aspersion se pratique très rarement.

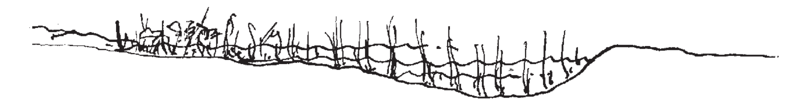
5.3 Maîtrise de l'eau

Le degré de maîtrise de l'eau est déterminant pour le rendement d'une rizière (voir Tableau 1 du chapitre 3). Lorsque les cultivateurs peuvent maîtriser l'arrivée d'eau dans leurs rizières, il leur est possible de pratiquer une gestion précise de l'eau. Le Tableau 2 distingue les différentes rizicultures de bas-fonds en fonction du degré de maîtrise de l'eau : d'une maîtrise faible, à savoir avec des sources d'eau incontrôlables s'accompagnant souvent d'un manque de drainage, à une maîtrise complète, avec un bon système d'irrigation et de drainage.

Tableau 2 : Continuum de la maîtrise de l'eau dans les riziécultures de bas-fonds

	Faible	Partielle	Totale
Système cultural	Bas-fonds pluviaux	Bas-fonds pluviaux améliorés	Irrigation complète
Sources d'eau	Pluie, inondations, eau souterraine	Pluie, inondations, eau souterraine, parfois irrigation	Pluie et irrigation
Capacité de drainage	Parfois présente	Souvent présente	Toujours présente

La gestion de l’eau comprend deux opérations principales : l’irrigation, qui apporte de l’eau dans le champ, et le drainage, qui l’évacue. Lorsque les cultivateurs ne peuvent maîtriser directement l’arrivée d’eau dans leurs champs (faible maîtrise de l’eau), ils peuvent améliorer leur gestion de l’eau en construisant des diguettes et en nivelant le sol. Ils amélioreront ainsi le rendement des cultures (maîtrise partielle de l’eau).



1. maîtrise de l'eau faible ou insuffisante



2. maîtrise de l'eau partielle avec des digues



3. maîtrise de l'eau élevée ou totale

Figure 11 : Exemple de continuum de la maîtrise de l’eau. En partant du haut : situation de maîtrise de l’eau faible, partielle et totale, voir Tableau 2.

5.4 Gestion de l’eau dans les parcelles

La Figure 10 illustre toutes les arrivées et sorties d’eau dans une rizière de bas-fonds. Les cultivateurs peuvent améliorer leur maîtrise de l’eau en gérant chacun de ces mouvements. Voici quelques suggestions pour bien gérer l’eau :

- Planage du sol : en nivelant la parcelle, le cultivateur arrive à maintenir une couche d’eau uniforme (même si des diguettes sont également nécessaires), ce qui permet d’économiser l’eau d’irrigation.
- Les digues : les digues servent avant tout à contenir l’eau dans le champ. Elles préviennent aussi les débordements dans ou hors d’un champ. Les digues doivent être suffisamment élevées pour retenir l’eau et suffisamment compactes et larges pour empêcher les déperditions.
- Des brèches d’amenée et d’évacuation bien placées et fonctionnant bien : les brèches d’amenée d’eau dans la parcelle doivent être faites au point le plus haut, et les brèches d’évacuation au point le plus bas. Ces brèches doivent être faciles à ouvrir et à fermer.
- Mise en boue : quand la percolation pose problème, la mise en boue peut être une option. (Le chapitre 4 a abordé en détail la question de la mise en boue).
- Type de préparation du sol : une préparation du sol en sec, en utilisant par exemple une charrue à disque, requiert bien moins d’eau qu’une préparation du sol en condition humide.
- Planification des activités : une bonne planification des activités permet de réduire la période s’écoulant entre la préparation du sol et l’ensemencement/le repiquage. On limite ainsi les pertes dues à la percolation et à l’évaporation.
- Un espacement limité : limiter l’espacement entre les plants de riz dans le champ permet aussi de réduire les pertes dues à l’évaporation.

5.5 Gestion de l’eau en saison

Maîtrise complète de l’eau

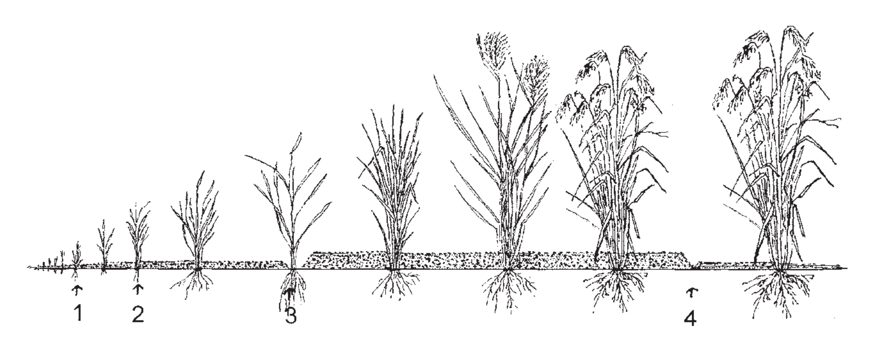
Dans les systèmes de riziculture de bas-fonds bénéficiant d’une maîtrise complète de l’eau, la profondeur de la lame d’eau est régulée en fonction du mode de plantation choisie. On irrigue et draine comme on l’entend, comme dans le cas des systèmes d’irrigation totale.

Gestion de l’eau dans les rizières de semis direct

1. Pour le riz semé directement, si le champ n’a pas été préalablement irrigué pour la mise en boue ou le planage, vous pouvez le faire dans les 48 heures précédant l’ensemencement. À l’ensemencement, le champ doit

être boueux et recouvert d'une fine lame d'eau. Dès la levée des plants, il faut amener de l'eau progressivement pour obtenir une lame d'eau de 5 cm au bout de trois semaines.

2. Drainez le champ avant d'appliquer des herbicides et de l'engrais azoté (trois semaines après l'ensemencement) puis irriguez de nouveau pour obtenir une lame d'eau de 5 cm.
3. Répétez le drainage avant de pulvériser une seconde fois un engrais en surface (neuf semaines plus tard). Irriguez pour obtenir une nappe de 10 cm d'eau.
4. Deux semaines avant la récolte, drainez le champ pour faciliter un murissement homogène des plantes et pour accéder facilement aux plantations.



Gestion de l'eau dans les rizières de semis direct

Gestion de l'eau dans les pépinières

Dans la pépinière, les semences sont très densément semées et le semis est continuellement humidifié. Les planches de pépinière étant relativement petites, il est souvent possible d'irriguer au moyen d'un arrosoir. Dans les climats chauds et secs, il faut irriguer quotidiennement.

Gestion de l'eau dans les champs de repiquage

1. La préparation des parcelles de repiquage se fait pendant que les plants lèvent en pépinière. Le champ doit être mis en eau au moins trois jours avant le repiquage.

2. Quand les semis sont prêts pour le repiquage (de trois à cinq semaines), le champ devrait être recouvert d'une lame d'eau de 3 à 5 cm.
3. Drainez le champ trois semaines après le repiquage, avant d'appliquer des herbicides et de l'engrais azoté. Irriguez de nouveau pour avoir une lame d'eau de 5 cm.
4. Répétez le drainage avant d'appliquer les engrais une seconde fois (neuf semaines plus tard environ) et irriguez de nouveau pour avoir une lame d'eau de 10 cm.
5. Deux semaines avant la récolte, drainez le champ pour faciliter un murissement homogène des plants et pour accéder facilement aux plantations.

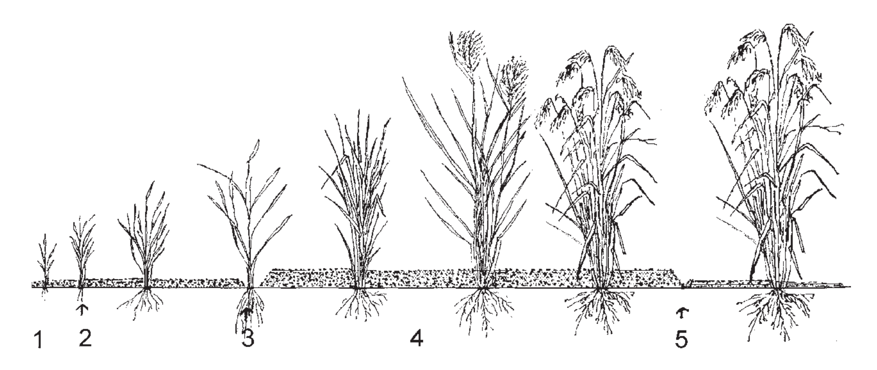


Figure 12 : Gestion de l'eau dans les rizières repiquées

Maîtrise partielle de l'eau

Les méthodes exposées ci-dessus valent pour un cultivateur maîtrisant entièrement l'eau de ses rizières. Dans les cultures pluviales de bas-fonds améliorées, la profondeur de l'eau dans le champ ne peut être contrôlée avec précision. Même si la gestion de l'eau est à définir cas par cas, il est possible de l'améliorer. Voici quelques recommandations utiles.

Les techniques proposées seront plus ou moins applicables selon l'objectif personnel et les ressources du cultivateur, selon les ressources du groupe des usagers de l'eau (s'il en existe un) et les caractéristiques spécifiques des arrivées et évacuations d'eau dans le système cultural.

Quand l'arrivée d'eau ne peut être maîtrisée, mais l'évacuation si (pluie et drainage) :

- Construisez des digues et diguettes. Cela facilitera la délimitation de parcelles identiquement inondées grâce à la redistribution de l'eau entre les champs. Les parcelles doivent être nivelées. Les digues permettent la récupération d'une lame d'eau stagnante en réserve pour les périodes de sécheresse ou lorsqu'il pleut de façon irrégulière en début de saison des pluies.
- Il ne faut cependant pas laisser trop d'eau dans le champ. Au-delà de 20 cm d'eau dans la parcelle, le tallage et le développement foliaire de la plupart des variétés de riz de bas-fonds en souffriront et la production finale sera moins bonne. Par ailleurs, l'excès d'eau rend inefficiente l'application d'engrais minéraux azotés à absorption rapide (l'urée notamment) quand les plants de riz sont encore petits ; l'engrais est dilué et perdu avant d'atteindre les racines.
- La construction d'un bassin, d'une mare ou d'un petit barrage peut aider à sécuriser l'approvisionnement en eau nécessaire pour toute la saison.

Si seul l'arrivée d'eau peut être contrôlée (irrigation sans drainage) :

- Irriguez fréquemment mais en petites quantités.
- Maintenez le niveau des parcelles; si nécessaire, divisez les champs en petites parcelles.
- Dans certains cas, on peut utiliser la technique des lits surélevés (10-40 cm au-dessus du sol) pour éviter une trop grande immersion des plants. Cette technique demande certes beaucoup de travail mais les lits peuvent servir pendant plusieurs saisons. Dans les climats chauds et secs, il faut être vigilant au regard de la salinisation.
- Les digues doivent être bien faites, c'est-à-dire suffisamment élevées, compactes et épaisses pour empêcher les débordements.
- Dans les fonds de vallée, il est possible de construire de petites digues pour réguler le drainage. Les digues peuvent retenir l'eau et contiennent des ouvertures pour drainer la zone irriguée. Attention cependant au risque de crues subites après de gros orages.

5.6 Infrastructure et dispositifs de gestion de l'eau

Il existe toute une variété de dispositifs pour gérer l'eau au niveau du ter-

roir. On peut les regrouper en trois catégories : pompage de l'eau, transport et structures de drainage.

Les systèmes d'irrigation offrant une maîtrise totale de l'eau sont les plus sophistiqués : barrages de retenue, barrages de diversion, pompes, canaux d'irrigation et de drainage éventuellement bétonnés et systèmes d'amenée d'eau pour chaque parcelle.

Dans les vallées intérieures, il se peut que de simples digues de terre retiennent l'eau qui ruisselle du haut de la vallée. Ces digues ont généralement un dispositif de drainage pour éviter que l'eau ne monte trop haut. Sinon, l'eau peut être collectée dans un bassin ou un étang et relâchée pour irriguer les rizières situées en contrebas.

Associations d'usagers de l'eau

La gestion de l'eau au niveau d'une zone géographique ne peut être effective que si les différents propriétaires de champs s'organisent entre eux. Il est important de réaliser que les rizières sont reliées entre elles par des systèmes d'irrigation et de drainage : l'eau drainée dans un champ peut servir à en irriguer un autre. L'eau souterraine alimentée par la percolation d'un champ en amont peut être utilisée comme source d'eau en aval. Et la gestion de l'eau dans un champ a des conséquences pour les autres champs.

Il s'ensuit que les cultivateurs ont intérêt à s'organiser en groupes ou en associations d'usagers de l'eau pour gérer l'eau ensemble.

L'objectif d'une association d'usagers de l'eau est de distribuer l'eau disponible de façon équitable et durable entre ses membres. L'approvisionnement en eau sera durable si les infrastructures (canaux, arrivée et évacuation d'eau, bassins, étangs) sont correctement entretenues par l'association d'usagers. Devraient être membres du groupe ceux et celles qui utilisent les ressources en eau. Ce sont généralement des agriculteurs mais il peut aussi y avoir des pêcheurs ou des familles utilisant l'eau pour leurs activités ménagères. Pour éviter tout conflit, tous les usagers devraient s'en-

tendre sur les règles d'utilisation de l'eau et sur le partage des responsabilités concernant la maintenance des installations.

L'ampleur de certains programmes d'irrigation rend indispensable une forme de hiérarchisation des prises de décision. Il est souvent nécessaire de recourir à une expertise extérieure au groupe des utilisateurs directs pour faciliter la prise de décision. Des experts peuvent aider à dessiner les structures d'irrigation de façon logique et efficace pour tous les champs mais les propriétaires particuliers doivent s'entendre entre eux et, encore mieux, rédiger les procédures au niveau du groupe ou de l'association d'usagers. Dans les petites zones de captage, les décisions peuvent être directement prises par les utilisateurs. Même si la situation dans les petites vallées est relativement simple, la plupart des problèmes peuvent être évités en rédigeant les procédures de gestion de l'eau avant de mettre en place les équipements d'irrigation. Pour désamorcer tout conflit sur l'accès à l'eau, il convient de prendre en compte l'histoire du pays et les revendications des différents groupes d'utilisateurs (par ex. les bergers vs les agriculteurs). Il est indispensable de définir tout d'abord les règles et les responsabilités avant de changer le système de gestion de l'eau et il convient de les revoir après quelques années car les systèmes évoluent rapidement.

5.7 Maladies liées à l'eau

La prévalence des maladies liées à l'eau augmente souvent lors de la construction de barrages car l'eau qui stagne derrière ces barrages attire les escargots, hôtes intermédiaires pour de nombreux types de vers. Les maladies liées à l'eau comprennent la maladie du ver de Guinée, la filariose et la bilharziose/schistosomiase. Ces maladies sont causées par divers douves, vers solitaires, ascarides et nématodes tissulaires qui infectent les êtres humains. Bien que ces maladies ne soient pas mortelles, elles empêchent les personnes d'avoir une vie normale et affectent leur capacité de travail.

Des millions de personnes souffrent d'infections transmises par les insectes (moustiques, mouches) comme le paludisme, la fièvre jaune, la dengue et la maladie du sommeil. L'incidence de ces maladies semble

croître, notamment parce que les sources d'eau stagnantes sont de plus en plus nombreuses.

L'application des méthodes de contrôle suivantes pourrait réduire l'exposition à ces maladies hydriques :

- prévenir l'expansion ou détruire la végétation aquatique
- couvrir les canaux de ciment ou de plastique
- modifier régulièrement le niveau d'eau
- prévoir régulièrement une brève mise à sec des canaux d'irrigation
- accroître la rapidité d'écoulement de l'eau dans les canaux
- prévenir la contamination des eaux par des matières fécales
- veiller à l'approvisionnement en eau potable et non contaminée
- veiller à un emplacement approprié des habitations

D'une manière générale, il faut éviter la formation d'eau stagnante dans les champs, les canaux, les étangs ou les flaques d'eau.

6 Lutte contre les adventices

6.1 Introduction

Les adventices, appelées encore abusivement mauvaises herbes, sont toutes les plantes qui poussent dans un champ à l'insu du cultivateur. Dans la riziculture de bas-fonds en Asie du Sud et du Sud-est, l'infestation des cultures par les adventices est un énorme problème. Ces plantes disputent la lumière, l'humidité et les nutriments aux plantes de riz et nuisent ainsi à la production. Bien que les rizières soient souvent inondées pour lutter contre les adventices, certaines espèces résistent et font fièrement concurrence au riz. Il faut donc les éradiquer en temps opportun pour éviter les pertes de production d'une saison mais aussi pour éviter que ces plantes ne germent et menacent les récoltes suivantes.

Pourquoi les adventices posent-elles un problème récurrent ?

- Elles produisent de nombreuses graines.
- Ces graines survivent longtemps dans le sol.
- Elles germent facilement.
- Leur cycle de croissance est court.

La gestion des adventices est plus cruciale que jamais dans la mesure où la pratique du semis direct se généralise et l'eau se raréfie. La gestion

intégrée des adventices passe par : une bonne préparation et nivellement du sol au moment opportun, une gestion de l'eau adaptée, une densité de plantation adéquate, des graines saines et propres (exemptes de graines d'adventice), des variétés vigoureuses et, si nécessaire, une utilisation raisonnée et appropriée de produits chimiques.

Ces pratiques, doublées d'une rotation des cultures, permettront de réduire la multiplication des adventices. Il faut également veiller à ce que les adventices ne se propagent pas dans les autres champs en suivant les digues et les canaux d'irrigation. Enfin, chaque type d'adventice requiert une méthode de lutte spécifique.

6.2 Types et croissance des adventices

Avant de pouvoir lutter contre les adventices, les cultivateurs doivent connaître les espèces qui poussent dans leurs champs ainsi que leur mode de croissance, la période pendant laquelle elles entrent en compétition avec les plants de riz et de quelle façon.

Il existe différentes sortes d'adventices en fonction de l'écosystème et des méthodes culturales : par exemple, les périmètres irrigués et intensivement cultivés dans les régions semi-arides abritent des adventices différentes de celles des bas-fonds inondés des vallées de forêts tropicales humides. Les adventices choisissent aussi leur terrain et leur environnement. On distingue différents types d'adventices en fonction de leur cycle de croissance et de leur apparence.

Cycle de croissance

Adventices annuelles

Les adventices annuelles produisent des graines et meurent dans l'année, souvent même directement à la fin de la saison. Certaines d'entre elles produisent des graines en 40 jours et deux générations peuvent se succéder en une année. Les adventices annuelles sont souvent très fécondes. *Echinochloa colona,* par exemple, produit jusqu'à 20 000 graines par pied et celles-ci peuvent survivre pendant des années dans le sol. Aussi faut-il

intervenir avant que les plantes ne grainent, sans quoi la réserve de graines dans le sol devient impressionnante.

Adventices vivaces

Les herbes sont vivaces lorsque leur végétation survit plus d'une année, de la même façon que les tubercules ou rhizomes. Elles se propagent par les graines ou par dispersion sous terre de parties de plante. Il est souvent très difficile de les éradiquer d'un champ une fois que celui-ci en est infesté.

Différences d'apparence

Plantes à feuilles larges

Les plantes à feuilles larges, ont deux folioles quand elles germent, contrairement au riz, aux graminées et aux carex qui n'en ont qu'une. Il existe de très nombreuses plantes à feuilles larges poussant dans les écosystèmes de bas-fonds et aucune famille ne prédomine vraiment sur les autres. En général, les plantes à feuilles larges dépassent les plantes de riz à la fin de la saison. On les trouve souvent en bordure de champs et dans les creux, là où le riz n'a pas poussé. Ces herbes font souvent plus d'un mètre de haut. Elles prolifèrent dans les endroits où les plants de riz sont moins denses ou lorsqu'ils tardent à germer et elles peuvent finalement envahir le champ.

Carex

Les carex (ou laîches) sont des plantes aquatiques. La plupart des espèces poussent dans les écosystèmes de bas-fonds à partir de bulbes qui survivent très longtemps dans le sol, qu'il soit sec ou gorgé d'eau. Elles font généralement entre 10 et 70 cm de haut. Dans la famille des cyperacées, les espèces *C. esculenthus, C. difformis* et *C. rotundus* sont parmi les plus courantes dans les rizières. Elles se multiplient rapidement et infestent les champs cultivés en très peu de temps car elles affectionnent le même écosystème que le riz.

Graminées

Le riz étant lui-même une graminée, il est logique que les espèces qui lui sont proches soient une nuisance pour la riziculture : *Oryza longistaminata, Oryza breviligulata* et *Oryza barthii* notamment sont souvent appelées « riz sauvage ».

De même le « riz rouge » (*Oryza rufipogon)*, dont les graines ont un péricarpe rouge, est proche du riz cultivé et se croise avec lui. Au stade de jeune pousse, il est difficile de distinguer les plants cultivés du riz sauvage, du riz rouge et des autres graminées comme les espèces *Echinochloa*. Plus tard, et notamment après l'épiaison, le riz sauvage se distingue par sa hauteur mais les dégâts sont alors irréversibles. Le riz rouge a la caractéristique d'égrener avant que le riz cultivé ne soit récolté. Il faut éviter cela à tout prix car les graines ainsi dispersées survivent dans le sol pendant plusieurs années. *Oryza longistaminata* est une graminée difficile à arracher car elle se propage végétativement par rhizomes.

Une des méthodes pour gérer ce problème est de faire un faux lit de semences : on humidifie le sol et parfois même on le prépare, mais sans l'ensemencer. Les herbes ont ainsi libre cours pour germer. On peut alors les détruire puis préparer le véritable lit de semences.

Une autre alternative est de passer la charrue chisel (retourne le sol) après la récolte pour qu'à l'air libre, les racines des adventices se dessèchent. Malheureusement, les coûts de cette intervention sont souvent trop élevés et les cultivateurs sont parfois forcés d'abandonner les champs trop infestés.

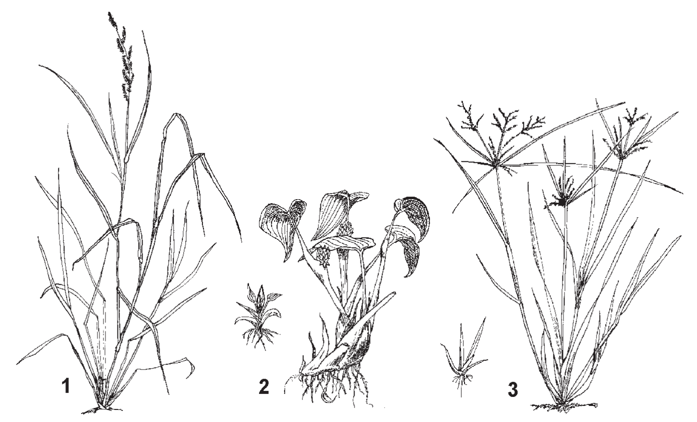


Figure 13 : Exemples d'herbes communes 1. Echinochloa colona – une graminée, 2. Heteranthera callifolia – une herbe à feuilles larges, 3. Cyperus difformis – une laîche.

6.3 Gestion des adventices

Une fois le type d'adventice identifié, on peut chercher à la combattre. Il est essentiel d'intervenir au cours des 15 à 20 jours après l'ensemencement ou le repiquage. Il existe de nombreuses méthodes de lutte mais il est avant tout indispensable de bien maîtriser l'eau, sans quoi les adventices se répandent sur toute la parcelle. C'est pourquoi nous présentons ci-dessous les méthodes de lutte par ordre croissant de niveau de maîtrise de l'eau.

Faible maîtrise de l'eau

Dans les systèmes de riziculture de bas-fonds maîtrisant peu l'eau et où la pluie et le drainage naturel sont les principaux mouvements d'eau, le désherbage manuel est la principale méthode de lutte contre les mauvaises herbes. Le premier désherbage doit se faire 14 à 21 jours après le semis ou le repiquage, le second désherbage manuel se faisant normalement 14 à 21 jours après le premier. Un troisième passage peut être nécessaire dans les champs très infestés. Tout retard dans le désherbage conduira à une baisse substantielle de la production. Il est relativement facile de désherber des parcelles de riz inondées car les plantes s'arrachent mieux en sol humide qu'en sol sec. Cependant, les adventices vivaces peuvent repousser en moins d'une semaine si elles ne sont pas complètement arrachées.

Le repiquage est un excellent moyen de réduire l'impact des mauvaises herbes. Le riz ayant un début de croissance rapide, il dépasse les adventices qui émergent plus tardivement. La lame d'eau dans le champ peut être plus profonde après le repiquage qu'après le semis direct, ce qui permet de désherber plus efficacement. Le semis ou la plantation en ligne facilitent aussi la lutte contre les adventices car on distingue mieux les plants de riz. De plus, le cultivateur se déplace plus facilement dans le champ.

Maîtrise partielle de l'eau

Le désherbage manuel peut aussi être secondé par un désherbage mécanique ou des traitements herbicides, si disponibles. Il existe de très nombreux outils de désherbage qui allègent la tâche du cultivateur. Une houe

à main est souvent utilisée pour déterrer les grandes herbes et éliminer les adventices après la récolte.

Un autre outil est la sarcleuse rotative (voir Figure 15 et le détail de sa griffe rotative). Les rangs de riz plantés/semés doivent être bien tracés pour faciliter le passage de la sarcleuse. Le mouvement de soulèvement de la terre permet de faire remonter les racines des adventices. De plus, cet outil aère le sol. Il convient de réduire le niveau d'eau dans le champ lorsqu'on désherbe car la sarcleuse ne fonctionne pas en eau profonde. Cet outil demande donc une certaine maîtrise du niveau d'eau.

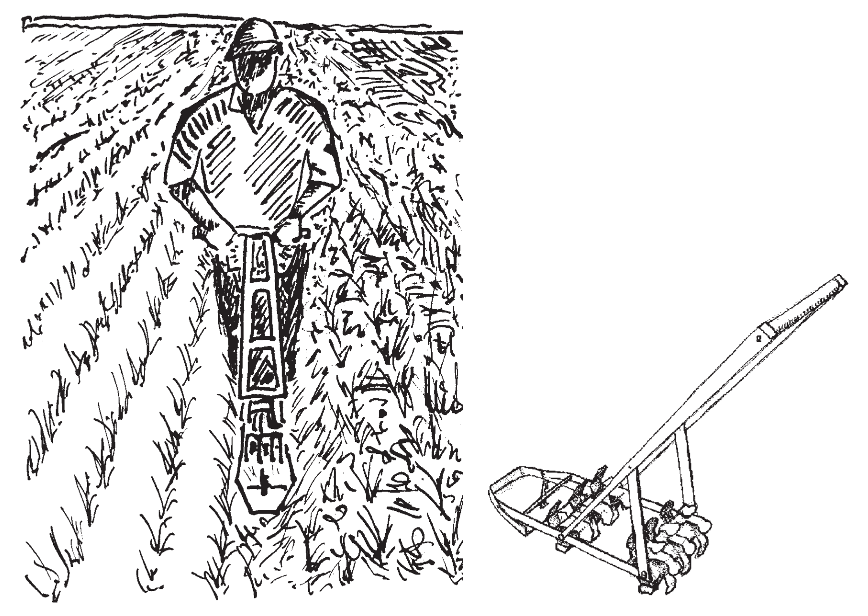


Figure 14 : Sarcleuse rotative

On passe parfois la charrue à disque après la récolte ou avant la plantation pour broyer les mauvaises herbes. Il ne faut cependant pas le faire en présence de laîches ou de plantes vivaces car le labour ne ferait que répandre les bulbes et les rhizomes des adventices et l'infestation empirerait à la saison suivante.

Pour éliminer le peuplement de rhizomes, on peut essayer de passer la charrue chisel après la récolte et laisser le sol à sec pour au moins deux mois.

Maîtrise totale de l'eau

Les systèmes culturaux où la maîtrise de l'eau est (presque) totale recourent parfois à la lutte chimique. C'est généralement le cas dans les périmètres irrigués. Le coût élevé de la main-d'œuvre pour procéder au désherbage est souvent un argument pour employer les herbicides chimiques.

Il existe de nombreux herbicides pour la riziculture (voir Tableau 3) ; certains affectent aussi le plant de riz et sont donc pulvérisés avant sa levée ; d'autres herbicides sont sélectifs et peuvent aussi être appliqués après la levée des plants. Il est essentiel d'appliquer les herbicides de post-levée au bon moment : un traitement trop précoce endommagera la culture de riz, mais s'il est trop tardif, il sera inefficace. Le plus souvent, il conviendra de traiter 21 à 35 jours après l'ensemencement en semis direct et 15 à 28 jours après le repiquage. Chaque type d'herbicide demande un niveau d'eau spécifique ; le drainage de la parcelle avant traitement est souvent nécessaire. Certains herbicides sont vendus en formule sèche à appliquer dans les eaux d'irrigation.

Les herbicides doivent être employés en toute connaissance de cause et appliqués par des personnes responsables et formées (voir Encadré 2 sur les mesures de sécurité à prendre).

Le traitement herbicide dans les petits champs peut se faire au moyen d'un pulvérisateur à dos. L'opérateur peut régler la pression et intensifier la pulvérisation dans les parcelles fortement infestées en laissant éventuellement de côté les parcelles non infestées. Cette personne doit être qualifiée.

Il convient de vérifier avant application que l'appareil pulvérise de façon égale. Pour ce faire, on peut le remplir d'eau et pulvériser une surface sèche pour voir si la surface a été humidifiée de façon homogène. Les buses de pulvérisateur s'abîment rapidement et doivent être contrôlées à

chaque utilisation. Les buses à fente ou à cône conviennent le mieux aux traitements herbicides. Le respect du dosage est très important : utilisez un pot ou une bouteille d'eau dont vous connaissez le volume pour préparer les doses.

Pour traiter, il vous faut connaître ces données à l'avance :
a : la superficie du terrain à traiter (en ha)
b : la dilution de l'herbicide (combien de litres d'eau par litre d'herbicide)
c : le dosage de l'herbicide (litres) par ha
d : le volume du contenant d'herbicide (litres)

Le volume d'herbicide nécessaire est a x c. Ce chiffre multiplié par b donne le volume total d'eau à ajouter à l'herbicide. Le volume total d'eau divisé par d indique combien de fois il faut remplir le contenant pour pouvoir traiter tout le champ.

Encadré 2 : mesures de sécurité concernant l'usage d'herbicides

- *Les herbicides, comme les autres substances agrochimiques, sont souvent très toxiques en formule non diluée ; n'en ingérez pas et évitez le contact direct du traitement avec la peau.*
- *Utilisez des vêtements de protection : bottes en caoutchouc, gants et masque.*
- *Utilisez des équipements fiables et bien entretenus.*
- *Respectez les dosages recommandés par le fabricant.*
- *Après application, lavez-vous et lavez les équipements avec beaucoup d'eau.*
- *Conservez les herbicides dans un endroit sec et frais, qui puisse être fermé à clé et qui soit hors de la portée des enfants.*
- *Enlevez et portez les contenants vides dans une déchetterie officielle - ne les laissez pas traîner n'importe où.*

Certains des herbicides chimiques les plus courants sont constitués (d'un mélange) de 2,4 D-amine. C'est un excellent herbicide sélectif mais plusieurs cas de résistance ont été rapportés aux États-Unis, notamment l'*Echinocloa colona.* Les cultivateurs devraient donc éviter les applications abusives et les dosages excessifs pour prévenir le développement de résistances.

Tableau 3 : Exemples d'herbicides et de leur application dans le riz

Ingrédient actif	Application*	Types d'adventices**	Quelques noms de marque***	Dosage (L/ha)****
2,4 D-amine	Post	Bl, L	Weedone	1–1,5
Bensulfuron (dry)	Pré	Bl, L	Londax 60DF	80 g/ha
Bentazon	Post	Bl, L	Basagran PL2	6–8
Butachlor	Pré/ post (tôt)	Bl, G	Machete	0,75–1,0
MCPA	Post-levée	Bl, L	Agroxone	1.0
Molinate	Post	G, C, certains FL	Ordram 960	5–10
Oxadiazon	Pré-levée	G, C, FL	Ronstar 12L	6
Pendimethalin	Pré	G, FL, C	Stomp SC	2–3,5
Piperophos	Pré/ post (tôt)	G,C	Rilof H	1.0
Pretilachlor	Pré	C, G, FL	Sofit 500	1.0
Propanil	Post	G, certains FL	Stam F34	58
Quinclorac (dry)	Pré/post	G	Drive	1,1 kg/ha
Thiobencarb	Pré/post	G, C, FL	Saturn	1,5
Glyphosate	Pre	FL, C, G	Round-up	1–4

* *Application pré-levée, post-levée ou en tout début de levée du plant de riz.*

** *Les types d'adventices contrôlées sont : FL = feuilles larges, G = graminées et C = carex.*

*** *Ce ne sont que des exemples de noms de produits courants ; ces noms peuvent varier par pays et dans le temps.*

**** *Les facteurs de dilution ne sont pas mentionnés car cela dépend des noms de marque et des emballages.*

Agromisa promeut une agriculture durable et déconseille vivement l'emploi excessif de substances agrochimiques. Agromisa ne recommande aucun des produits mentionnés ci-dessus.

7 Gestion intégrée des nutriments

Les plants de riz ont besoin de divers nutriments pour croître. Il leur faut des quantités relativement importantes d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K) et des quantités plus limitées de zinc (Zn), de fer (Fe) et de soufre (S). Si tous ces nutriments ne sont pas disponibles en quantité suffisante, le rendement en riz sera médiocre. Les carences nutritionnelles du riz vont souvent de paire avec l'intensification de la culture. Mais une quantité excessive, et donc toxique, de certains nutriments présents dans le sol et accessibles aux plantes entraîne aussi une baisse de rendement.

Le principe clé de la nutrition est de fournir à la plante des nutriments en quantité raisonnable et en temps requis. Les nutriments n'ayant pas la même mobilité dans le sol, ils sont plus ou moins disponibles pour la plante et se perdent plus ou moins dans le sol. N est extrêmement mobile, P est immobile et K est moyennement mobile. N est généralement l'élément le plus contraignant du fait de sa grande mobilité. L'azote se perd rapidement en se volatilisant comme un gaz, ou en migrant (lessivage de la couche supérieure du sol). L'équilibre en K, très présent dans la paille, dépendra beaucoup de ce que l'on fait de la paille. La disponibilité des nutriments dépend par ailleurs de l'acidité (niveau de pH) du sol. Heureusement, les

rizières inondées ont des niveaux de pH presque neutres (pH de 7,0), ce qui augmente la disponibilité de la plupart des éléments nutritifs, en particulier le phosphore.

Pour obtenir de hauts rendements, il faut généralement ajouter des nutriments sous la forme de fertilisants minéraux ou organiques. La quantité nécessaire dépend de l'état de fertilité du champ, de la variété plantée, de la saison (sèche ou pluvieuse), du degré de maîtrise de l'eau dans la parcelle, de la quantité de nutriments dans l'eau de submersion et de la quantité de paille restant dans le champ. Il n'existe donc pas de recommandations standard pour la fertilisation dans la riziculture de bas-fonds.

7.1 Principes clés de la gestion de l'azote

Il est essentiel d'apporter la quantité d'azote appropriée : lors de la mise en place de la culture et pendant le tallage pour obtenir un nombre adéquat de talles par unité de surface ; juste avant et pendant l'initiation paniculaire, pour une bonne taille de la panicule ; et pendant la maturation, pour un bon remplissage du grain. Cependant, la plus grande quantité de N doit être appliquée avant ou au début de l'initiation paniculaire. Pour réduire le risque de verse et de nuisances, n'appliquez pas trop d'engrais azoté dans la période entre l'initiation paniculaire et la floraison, surtout en saison humide.

Fractionnez les taux d'engrais azoté recommandés (plus de 60 kg N/ha par culture) en 2 ou 3 applications séparées. Répartissez encore plus les applications dans le temps pour les variétés tardives, lorsque la couleur jaune des feuilles indique une carence en N ou en saison sèche lorsque le potentiel de rendement est plus élevé. Évitez les doses fortes d'engrais N (>50 kg N/ha) appliquées en fumure de fond dans le riz repiqué lorsque la croissance est lente, c'est-à-dire pendant les trois premières semaines qui suivent le repiquage. L'engrais apporté avant de planter ou de semer sera incorporé dans le sol.

Une grande partie de l'azote nécessaire peut être apportée avant l'ensemencement lorsque celui-ci est pratiqué en condition humide. Pour le riz

semé en sec, l'alternance de cycles humide et sec avant une immersion permanente entraîne de grosses pertes d'azote ; il faut donc réduire au minimum les applications d'azote avant les semis.

L'efficience d'un engrais azoté appliqué en couverture est très faible pendant les premiers stades de croissance du riz, principalement à cause du développement incomplet des racines. La riziculture de bas-fonds emploie principalement les engrais azotés sous forme ammoniacale comme l'urée et le sulfate d'ammoniaque car leur coût est relativement faible et leur effet sur la croissance du riz plus rapide.

7.2 Comment améliorer l'efficience des fertilisants azotés

Étant donné la grande mobilité de l'azote, il convient d'être précis dans l'application des fertilisants azotés, en particulier l'urée, qui se volatilise très facilement. La gestion de l'eau est un aspect essentiel dans l'amélioration de l'efficience des fertilisants azotés. La meilleure chose à faire est de réduire la lame d'eau ou de vidanger complètement la parcelle avant d'épandre N en couverture puis d'irriguer de nouveau pour améliorer son infiltration dans le sol. Maintenez une lame d'eau de 5 cm pour faire les apports d'engrais de mi-saison et remontez les canaux de drainage pour réduire l'écoulement de l'eau. Pour réduire les pertes par évaporation, évitez d'appliquer l'urée sur la lame d'eau par temps venteux avant la fermeture du couvert, ni à la mi-journée, quand il fait le plus chaud. Si vous utilisez l'urée comme engrais azoté, le sol doit être gorgé d'eau en permanence pour éviter les déperditions de N.

Pour les apports de N pendant les premières semaines après l'ensemencement et le repiquage, le niveau d'eau ne doit pas dépasser les 5 cm. Pour les applications en milieu de tallage et à l'initiation paniculaire, le niveau d'eau doit rester inférieur à 15 cm. S'il vous est impossible de maîtriser parfaitement le niveau d'eau dans les parcelles, veillez au moins à maintenir un niveau d'eau assez bas pendant les applications de fertilisant azoté.

Les feuilles de riz jaunissantes indiquent une carence en azote. La charte des couleurs des feuilles *(Leaf Colour Chart , LCC*) permet au cultivateur

de déterminer efficacement le moment propice pour l'épandage d'azote en surface sur les variétés de riz modernes demi-nains à haut rendement. La LCC n'est pas intéressante pour les variétés traditionnelles de faible rendement car celles-ci ont besoin de relativement peu d'azote de couverture. La LCC détecte sur la feuille l'état de N, du tallage à l'initiation paniculaire ou après.

Commencez la surveillance dès le début du tallage et prenez des mesures tous les 7 à 10 jours. Choisissez la plus haute feuille qui soit pleinement ouverte car c'est elle qui reflète le mieux l'état du N dans le plant de riz. Comparez la couleur du centre de la feuille avec la LCC. Évaluez ainsi la couleur de 10 feuilles choisies au hasard sur les pieds dans le champ. La LCC consiste en quatre teintes de vert, du vert jaunâtre au vert foncé. Si la couleur moyenne ressemble à la situation de l'image du haut montrée ici, cela indique une carence en azote qu'il faut immédiatement combler. L'état correspondant à la situation de l'image du milieu indique qu'il ne faudra pas trop tarder à apporter de l'azote. Dans la situation de l'image inférieure, l'apport d'azote n'est pas encore nécessaire.

Les valeurs critiques de LCC peuvent être déterminées après 1 ou 2 saisons de test pour les variétés et les méthodes de mise en place des cultures les plus courantes localement. Pour plus d'informations sur LCC, consultez l'IRRI.

7.3 Apport recommandé de N

Répétons-le : les consignes d'application de N en riziculture de bas-fonds varient selon les parcelles. Les besoins d'azote sont relativement faibles pour les cultures en période de pluie (moins de soleil, moins de rendement potentiel) et relativement plus élevés en saison sèche (plus de soleil, rendement potentiellement plus élevé). De même, on aura moins besoin de fertilisant azoté dans les forêts humides que dans des environnements semi-arides.

Le Tableau 4 donne des indications sur les apports en N aux différents stades de croissance, en saisons sèche et humide. Ces apports se réfèrent aux variétés *indica* semi-naines. Pour les variétés *indica* plus hautes, les

apports se limiteront à 30-60 kg N/ha pour éviter la verse et les grandes pertes de rendement qui s'ensuivraient.

Pour calculer combien de sacs d'un certain type de fertilisant azoté appliquer dans un champ spécifique, il faut connaître le pourcentage de N de ce fertilisant et la surface de la parcelle. L'urée, le plus commun des engrais azoté, contient 46 % de N. Un sac de 50 kg contient donc 23 kg de N. Cela suffit pour une application au stade de croissance précoce sur un hectare en saison humide (voir Tableau 4). Trois sacs d'urée (69 kg N) suffiront pour toute la saison humide.

Tableau 4 : Apport de N recommandé aux différents stades de croissance, en saisons sèche et humide

Riz indica semi-nain repiqué ou en semis direct	Saison humide (nuageuse)	Saison sèche
Stade de croissance précoce : 14–28 JAR / 21–34 JAS	20 kg N/ha	30 kg N/ha
Stade de croissance rapide : 29–48 JAR / 35–55 JAS	30 kg N/ha	45 kg N/ha
Stade de croissance tardive : 49 JAR / 56 JAS (= à la floraison)	20 kg N/ha	30 kg N/ha
JAR = jours après repiquage, JAS = jours après semis		

7.4 Apports recommandés de P et K

La carence en phosphore (P_2O_5) est difficile à détecter à moins qu'elle ne soit grave. On peut alors observer que les racines sont affaiblies, le tallage peu fourni et les plants chétifs avec des feuilles vert foncé voire violacées.

Dans le cas d'une carence importante en potassium (K_2O), on peut observer : un pourrissement des racines et des plants chétifs ; les bords et extrémités des plus vieilles feuilles sont brûlés (décoloration du jaunâtre/orange au brun, commençant à l'extrémité et s'étendant vers la base) ; et le grain nouvellement formé est plus petit et léger que la normale. Notons que ces symptômes de déficience en K ne sont pas faciles à reconnaître.

Le besoin d'apport en P et K peut être établi grâce aux résultats de l'analyse chimique d'échantillons du sol. Lorsque la quantité de K accessible à la plante dans le sol est inférieure à 0,2 mEq K/kg de terre, la réponse au fertilisant K est certaine. Sur des sols acides ($pH < 7{,}0$), des taux inférieurs à 5 mg P/kg indiquent une carence et la réponse au fertilisant P est certaine. Sur les sols calcaires et alcalins ($pH > 7{,}0$), ce niveau critique peut dépasser 25 mg P/kg. En l'absence d'une analyse du sol, il faut bien observer les cultures pour détecter d'éventuelles carences en P ou K.

P et K sont généralement épandus en fumure de fond bien que l'épandage de P 10 jours après le semis (JAS) sur des cultures en semis direct puisse accroître leur efficience. L'apport de K peut aussi être fractionné avec un apport de fond et un apport à mi-chemin de la phase de tallage, surtout lorsqu'il faut des doses importantes (>30 kg K_2O/ha) ou lorsque le sol est sablonneux. Dans les parcelles de semis direct, il est recommandé d'appliquer la première dose de K 10 à 15 jours après le semis. L'apport de K à la floraison accroît la résistance à la verse et aux maladies dans les peuplements denses. Le Tableau 5 mentionne les taux d'apport recommandés pour les sols carencés en P et K.

Tableau 5 : Apports recommandés de P et K en saisons sèche et humide en cas de carence

	Saison humide	Saison sèche
Apport P	25 – 40 P_2O_5 (kg/ha)	40 – 60 P_2O_5 (kg/ha)
Apport K *Faible restitution de paille*	30 – 60 K_2O (kg/ha)	60 – 90 K_2O (kg/ha)
Apport K *Forte restitution de paille*	0–30 K_2O (kg/ha)	30 K_2O (kg/ha)

Le superphosphate est généralement le meilleur type de fertilisant P, sauf pour les sols très acides. Le triple superphosphate (TSP), qui contient 46 % de P_2O_5, est le plus utilisé. Un sac de 50 kg de TSP fournit 23 kg de P_2O_5. KCl (muriate de potasse) et K_2SO_4 (sulfate de potassium) sont les fertilisants K les plus courants. Un sac de 50 kg de KCI contient 30 kg de K_2O et un sac de K_2SO_4 contient 25 kg de K_2O.

L'apport de fertilisant P a un effet résiduel pouvant s'étaler sur plusieurs années. Généralement, une application tous les deux ans suffit. La quantité de K à apporter dépend du type de sol et de la gestion de la paille de riz, qui contient une quantité relativement élevée de K : lorsque la restitution de paille dans le champ est faible, le besoin de potassium augmente (voir Tableau 5).

7.5 Zinc, fer et soufre

En général, une teneur en zinc inférieure à 1 mg /kg est considérée comme critique. Les symptômes de carence en Zinc (Zn) se manifestent par des taches brunes poussiéreuses sur les jeunes feuilles supérieures, des plants chétifs et des feuilles jaunissantes qui dépérissent dans les 3 à 7 jours suivant la mise en eau. Les plants de riz peuvent se relever d'une carence en Zn dès que le champ a été drainé car la quantité de Zn disponible augmente en terrain sec.

Un apport de soufre (S) n'est pas nécessaire quand le sol contient plus de 9-10 mg S/kg ou quand le potassium est apporté sous forme de sulfate de potassium. Les symptômes de carence en S sont : des plants vert pâle et de jeunes feuilles jaune verdâtre.

Une carence en fer (Fe) peut apparaître quand il y a moins de 2 mg Fe/kg de sol. Les symptômes de la carence en Fe sont un jaunissement entre les veines des jeunes feuilles émergentes ainsi que des plantes chétives aux feuilles étroites. La mise en eau accroît la disponibilité du fer. Il est difficile de corriger une carence en fer avec des fertilisants car cela demande une pulvérisation répétée des feuilles.

La principale source d'intoxication du riz est l'excès de fer. Ce phénomène est assez courant dans les vallées intérieures de l'Afrique de l'Ouest et est particulièrement dramatique dans les régions où les hautes-terres adjacentes ont des sols rouges argileux acides et sont fortement lessivées. La toxicité en fer apparaît au début de la croissance du riz, quand les plants sont encore petits et les champs partiellement submergés par l'eau souterraine riche en fer ruisselant des hautes terres. Une forte teneur

en fer se détecte par la présence d'un film huileux sur l'eau. Les plantes croissent peu et des taches brunes (bronzage) ou jaunâtres apparaissent sur les feuilles. De plus, les plants absorbent mal les autres nutriments; il est donc recommandé d'augmenter les doses de fertilisants. La meilleure méthode pour combattre la toxicité en fer est de vidanger les champs si l'on dispose de beaucoup d'eau, puis de les remettre en eau.

D'autres éléments, comme l'aluminium, le bore, le manganèse et le soufre peuvent être localement toxiques.

7.6 Emploi de fertilisants organiques

Les fertilisants organiques comprennent les sources biologiques de fixation de N (engrais verts, azolla et algues vertes par exemple), le compost, le fumier et les résidus végétaux comme la paille. Chacune de ces sources a une composition spécifique mais toutes ont l'avantage d'apporter des éléments nutritifs très variés. De plus, les matières organiques contiennent des éléments pouvant entretenir la richesse organique du sol, ce qui améliore indirectement l'efficience des fertilisants minéraux. La matière organique aide par exemple à retenir les nutriments comme le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). De plus, les engrais verts profondément enracinés peuvent faire remonter les nutriments enfouis dans le sol ; nutriments qui sans cela ne seraient pas accessibles aux céréales superficiellement enracinées comme le riz.

Le principal inconvénient des engrais organiques est qu'ils ont une teneur relativement faible en nutriments et qu'il en faut donc de grandes quantités, ce qui n'est pas toujours réalisable. Deuxièmement, il faut beaucoup de main-d'œuvre pour récolter, charrier et épandre ce matériel. Troisièmement, ces engrais ont relativement peu de temps pour pousser avant ou après la culture. Cela restreint donc leur utilisation par les cultivateurs.

L'emploi de paille de riz est moins compliqué car cet engrais organique volumineux, produit résiduel de la riziculture, se trouve déjà dans le champ. L'incorporation de chaume et de paille dans le sol permet de restituer la

plupart des nutriments absorbés par la plante et contribue à conserver longtemps les réserves de nutriments dans le sol. Le renouvellement des matières organiques est plus rapide dans les cultures mises en eau périodiquement que dans celles qui le sont continuellement. La paille se décompose plus rapidement quand le sol est humide - c'est-à-dire ni mouillé (saturé) ni sec. Incorporée sèche et de façon superficielle deux semaines après la récolte, elle se décompose à 50 % sur une période normale de jachère de deux mois, entre deux cultures, et sans apport d'eau complémentaire. Ce labour précoce et cette décomposition aérobie du chaume et de la paille de riz améliorent la nutrition de la culture en rendant l'azote disponible et en libérant le phosphore. L'incorporation du chaume et de la paille dans des conditions d'humidité favorise l'absorption temporaire d'azote par les microbes du sol impliqués dans le processus de décomposition.

Pour éviter une carence en N dans les premiers stades de la croissance des plantes, il convient de semer directement ou de repiquer au moins 2 ou 3 semaines après l'incorporation de chaume et de paille dans des conditions d'humidité.

L'épandage et l'incorporation de paille demandent beaucoup de main-d'œuvre et les cultivateurs préfèrent souvent brûler la paille dans le champs. Or le brûlis génère une déperdition totale de N, environ 25 % de perte de P, une perte indirecte de K de l'ordre de 20 % (suite aux infiltrations dans le sol) ainsi qu'une perte de S de 5 à 60 %. La paille de riz est également une source importante de zinc (Zn) et de silicone (Si). Un prélèvement total de chaume (pour les toitures) ou partiel (pour l'alimentation du bétail) entraîne la réduction de la réserve de nutriments dans le sol et risque de mettre en jeu sur le long terme la pérennité de la culture.

8 Lutte contre les ennemis des cultures

Les ennemis de la riziculture sont tous les organismes vivants qui nuisent à la quantité et à la qualité du riz. Il peut s'agir d'insectes, de rats, d'escargots, de crabes, de nématodes (qui ressemblent à des vers), de champignons, de bactéries ou de virus. Tous ces organismes, qui causent d'immenses pertes économiques dans les ricicultures de bas-fonds en Afrique tropicale, sont décrits dans ce chapitre, qui traite également des méthodes de lutte.

8.1 Méthodes de lutte

La lutte contre les ennemis des cultures débute par un premier constat, suivi d'une inspection attentive du champ. Les dégâts foliaires précoces sont rarement problématiques car les plants de riz compensent ces dégâts plus tard dans la saison. Néanmoins, une chute très importante des feuilles (> 50 %) peut retarder le développement et la maturation de la plante.

Les méthodes de lutte contre les ennemis des cultures peuvent être culturales, biologiques ou chimiques. Il est important de recourir à diverses méthodes de protection des cultures de façon intégrée, afin d'avoir une gestion intégrée, durable, peu coûteuse et respectueuse de l'environne-

ment. La gestion intégrée des ennemis des cultures combine l'utilisation de variétés résistantes, des méthodes culturales adéquates, la lutte biologique et enfin la lutte chimique lorsque les dommages risquent de générer un coût économique trop important.

Les méthodes culturales incluent : l'assainissement (destruction des résidus végétaux infestés, des plantes hôtes environnantes dont les adventices, et des habitats des ravageurs), le labour et la mise en eau des champs, la rotation des cultures, les cultures intermédiaires, une bonne planification des plantations et récoltes, l'utilisation de cultures pièges, l'apport judicieux d'engrais azoté et une bonne gestion de l'eau. La lutte biologique consiste à bien exploiter la biodiversité, les insectes, les parasites et les éléments pathogènes bénéfiques.

8.2 Exemples de lutte biologique

Lutter durablement contre les ennemis des cultures en s'appuyant sur la biodiversité consiste notamment à planter dans le champ des variétés de riz ayant une autre sensibilité aux maladies ou insectes ravageurs. L'idée derrière l'utilisation de la biodiversité pour contrôler les maladies des plantes est que la diversité des variétés renforce les résistances aux maladies, freine leur propagation et qu'elle conduit à une résistance induite. Ces facteurs permettent de réduire les traitements et d'améliorer le rendement.

Tous les bio-organismes ne sont pas des ennemis des cultures. En fait, il existe de nombreux insectes, araignées et maladies bénéfiques qui, à leur tour, attaquent les insectes ravageurs du riz. En l'absence de ces « prédateurs », les insectes ravageurs peuvent se multiplier rapidement et saccager toute la récolte. Malheureusement, certains agriculteurs tendent à traiter tout ce qui bouge dans le champ, détruisant les insectes bénéfiques dans le même temps.

Or les ravageurs sont plus mobiles et se multiplient plus rapidement que les insectes bénéfiques. Aussi les applications précoces de pesticides seront-elles plutôt bénéfiques aux ravageurs, ce qui entraîne une multiplication des infestations et, consécutivement, de plus nombreux traitements

pesticides. Finalement, le cultivateur se retrouve pris dans le cercle vicieux des traitements. Autrement dit, si les pesticides sont parfois nécessaires, il faut s'en servir judicieusement (modérément) pour favoriser le travail des agents naturels de lutte.

Le cultivateur préservera les insectes bénéficiaires en employant des insecticides uniquement toxiques pour les ennemis des cultures mais pas pour les prédateurs. Il faut aussi comprendre que les insectes ravageurs, quand ils sont trop peu nombreux pour causer des dommages économiques, sont utiles car ils sont à la base de l'alimentation et de la survie d'espèces bénéfiques pouvant à leur tour prévenir d'autres dégâts. Parmi les prédateurs, citons les coccinelles, les carabes, les criquets, les sauterelles, les punaises, les libellules, les perce-oreilles, les fourmis, les guêpes et les araignées.

Les parasites, à l'encontre des prédateurs, choisissent généralement un hôte spécifique sur lequel ou à côté duquel ils pondent leurs œufs. Après l'éclosion et avec le développement des parasites immatures, l'hôte arrête de se nourrir et dépérit rapidement. À l'inverse des prédateurs, les parasites trouvent leurs hôtes même lorsque ceux-ci sont peu nombreux. En général, la plupart des rizières hébergent une forte population de parasites contribuant à maintenir les peuplements d'ennemis des cultures à un niveau économiquement tolérable. Parmi ces parasites, citons les mouches aux yeux pédonculés, les guêpes et quelques autres espèces de mouches.

Divers micro-organismes pathogènes peuvent infecter et tuer les insectes ravageurs du riz. Citons notamment les champignons, de loin les plus importants, les maladies virales et les bactéries.

8.3 Principaux insectes ravageurs

En Afrique tropicale, les foreurs de tige du riz comme le foreur blanc, le foreur rose ou le foreur rayé sont les ravageurs les plus agressifs. Ils se nourrissent de l'intérieur de la tige et l'alimentation des larves cause des dégâts aux talles. Le « cœur mort » désigne la destruction du bourgeon terminal de la talle avant la floraison, ce qui provoque le dessèchement des pousses centrales. Suite à une attaque de « tête blanche » au stade de la flo-

raison, les panicules déjà ramifiées blanchissent, dessèchent et se vident. En brûlant, labourant et inondant le chaume après la récolte, on peut détruire les larves des foreurs de tige du riz ayant survécu dans le champ. La synchronisation des plantations sur une grande surface permet d'éviter que le riz ne soit ravagé par les foreurs de tige aux stades les plus critiques de son développement. On peut aussi planter des variétés plus résistantes aux attaques des foreurs de tige. Les libellules et les araignées sont des prédateurs reconnus des foreurs de tige alors que les guêpes parasitent les œufs et larves.

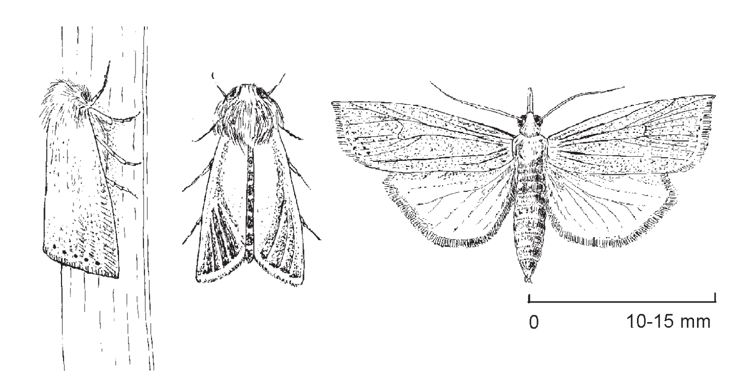


Figure 15 : Phalène foreur de tige adulte

Dans certaines régions humides d'Afrique, la riziculture a le plus à souffrir de la mouche à yeux pédonculés. Les mouches adultes se reconnaissent facilement à leurs yeux placés à l'extrémité des pédoncules. Les dégâts causés par cette mouche sont comparables au cœur mort des foreurs de tige. La larve attaque généralement le pied de riz au début du tallage. Pour minimiser l'infestation par la mouche à yeux pédonculés, il convient de pratiquer des méthodes culturales comme le semis précoce, le faible écartement entre les plantes et le nettoyage des champs de toute herbe. La synchronisation des plantations sur une grande surface permet d'éviter l'attaque du riz par la mouche à yeux pédonculés aux stades les plus critiques de son développement. Les variétés de riz à feuilles très chevelues présentent l'avantage de piéger les larves de la mouche.

La cécidomyie (gallicole) du riz d'Afrique est un grand ravageur du riz pluvial et irrigué de bas-fonds. C'est un foreur de bourgeon ou de pédoncule. L'alimentation des larves cause de graves dégâts au plant pendant les stades végétatifs. La larve attaque le point de croissance des talles et induit la gaine foliaire à se transformer en une structure tubulaire appelée « feuille d'argent » et ressemblant à une feuille d'oignon. Les infestations gallicoles précoces donnent une apparence chétive et touffue au plant de riz qui n'a pas moins de 50 petites talles par pied. Les talles à galles ne portent pas de panicules.

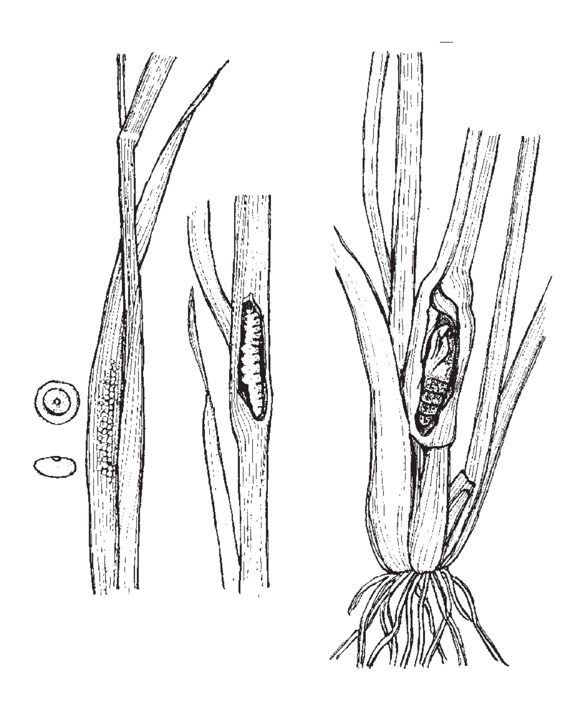


Figure 16 : Larve et oeufs du foreur de tige et leur position dans la plante de riz

La lutte contre la cécidomyie du riz passe par un semis précoce et synchronisé, une destruction des hôtes alternatifs, un apport modéré d'engrais (par ex. 60 kg N/ha) en doses fractionnées, la limitation des échanges de semences entre cultivateurs et un plus grand écartement entre les pieds.

Certains types de guêpes attaquent la cécidomyie dans le champ et devraient être protégés. On peut aussi choisir des variétés de riz tolérantes à la cécidomyie.

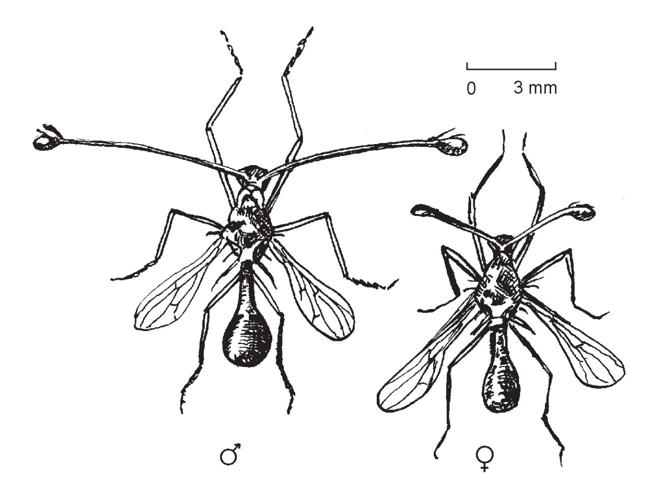


Figure 17 : Mouche aux yeux pédonculés

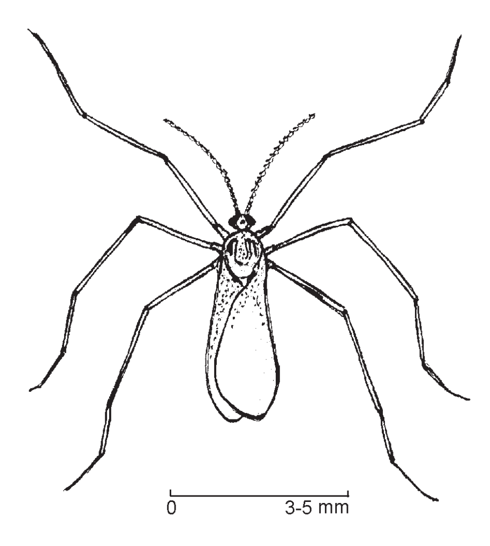


Figure 18 : Cécidomyie (gallicole) du riz d'Afrique

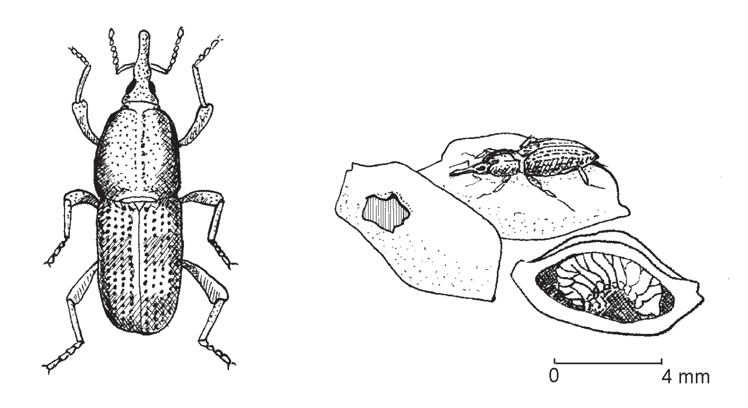


Figure 19 : Charançon du riz (à gauche) et capucin des grains (à droite)

Le *charançon du riz* et le *capucin des grains* sont les insectes ravageurs du riz stocké les plus agressifs. Ils peuvent détruire complètement le grain. Pour lutter contre ces ravageurs, il convient d'utiliser des conteneurs de stockage hermétiques, de mélanger des piments secs ou des cendres aux grains stockés et de traiter avec des pesticides appropriés. Mais attention, équipez-vous de gants et d'un masque lors de la manipulation des pesticides !

8.4 Principales maladies du riz

La marbrure jaune du riz

La marbrure jaune du riz (RYMV) est l'une des maladies du riz causant de gros préjudices économiques en Afrique tropicale. Elle pénètre dans la plante aux endroits déjà endommagés suite, par exemple, aux attaques d'insectes (sautériaux et altises) sur les racines ; au repiquage, au désherbage avec une houe ou pendant la récolte avec une faucille. La plante affectée par le RYMV a des feuilles tachetées jaune clair, des talles chétives et rabougries, une floraison non synchronisée et des stries jaunâtres sur les feuilles. Les panicules sont malformés, n'émergent pas complètement et les graines sont stériles.

L'infection à la marbrure jaune du riz peut se combattre par des pesticides agissant contre les insectes vecteurs, ou en repiquant précocement, en réduisant l'écart entre les plants ou encore en détruisant après la récolte les résidus de plants de riz et repousses pouvant héberger les virus et les insectes vecteurs. D'autres méthodes de contrôle sont la synchronisation des semis, la diversification des variétés sur une parcelle, le déplacement des pépinières, l'arrachement des plants infectés et leur repiquage immédiat, la réduction d'apport d'azote sur les parcelles attaquées et la réduction des plantes réservoirs de virus et insectes vecteurs. On peut aussi planter des variétés résistantes ou tolérantes à la marbrure jaune.

La pyriculariose

La pyriculariose (ou brunissure du riz) est un gros problème pour la production de riz en Afrique. Elle est causée par un champignon aéroporté qui survit entre les cultures en se logeant sur les tiges de riz infectées ou sur les graines. Ce champignon peut infecter les feuilles, les nœuds et l'inflorescence, en particulier la base de la panicule. Il peut détruire radicalement les feuilles et les plantes entières. À l'épiaison, si les spores infectent le nœud à la base de la panicule, on est en présence de la pyriculariose du cou, la plus destructrice des maladies. Si la panicule ne tombe pas, elle passe du blanc au gris et les épillets qui ne se remplissent pas deviennent gris.

Pour contenir cette maladie, on peut : planter des variétés résistantes, utiliser des semences saines et propres, submerger la parcelle en permanence dans 10 à 15 cm d'eau, limiter les doses d'engrais azoté, éviter les semis tardifs et appliquer un fongicide en cas de pyriculariose des feuilles.

8.5 Autres ennemis du riz

Les nématodes

Les nématodes sont de toutes petites créatures ressemblant à des vers. Ils vivent dans le sol où ils parasitent les animaux ou les plantes. En Afrique tropicale, ils créent de sérieux dégâts en se nourrissant des tiges et des feuilles des jeunes plants. Les symptômes se manifestent par des feuilles plus courtes, enroulées et tachetées de points blancs. Les nématodes

peuvent survivre dans les grains pendant deux ou trois ans. Les semences étant la principale cause de multiplication des nématodes, on peut juguler cette infection en immergeant les semences dans de l'eau à 55–61°C (pas plus chaude !) pendant 10 à 15 minutes.

Les oiseaux

Les oiseaux mangent les graines semées à la volée, perturbent les jeunes plants repiqués et mangent les grains de riz. Ils peuvent causer d'énormes dégâts. On peut les neutraliser en utilisant des dispositifs qui les effraient (catapultes, filets pour oiseaux, épouvantails). Dans les semis directs, il convient de recouvrir les semences de terre. Il faut aussi éviter de planter ou de récolter hors saison pour que les parcelles ne deviennent pas la cible toute désignée des oiseaux.

Les rongeurs

Les rongeurs indigènes comme les rats attaquent à tous les stades de croissance des plantes et ils s'en prennent aussi aux grains stockés. Ils causent souvent d'énormes ravages. Le respect d'une hygiène générale dans les champs, dans les bâtiments et dans leurs alentours est certainement ce qui compte le plus pour combattre les rongeurs. On les maintient à distance en nettoyant les digues, les levées et les canaux d'irrigation et de drainage, en bouchant leurs terriers et en supprimant toute nourriture qui pourrait les attirer autour des bâtiments ainsi que les grandes herbes.

Les escargots

Les escargots mangent les grains germés dans les semis mis en eau ainsi que les jeunes plants repiqués, ce qui en réduit le peuplement. La lutte contre les escargots doit se faire au cours des 10 premiers jours dans les champs repiqués et des 21 premiers jours dans les champs de semis humides. On peut lutter contre les escargots en drainant le champ pendant les premières semaines.

9 Récolte et post-récolte

9.1 Récolte

Période de récolte

Il convient de drainer les champs avant la récolte qui doit se faire lorsque les grains ont un taux d'humidité correct, ce qui est crucial pour la préservation de la qualité du grain et la limitation des pertes. La récolte se fait avant que les grains aient atteints leur pleine maturité (environ 20 à 25 % d'humidité), soit, 30 à 45 jours après la floraison généralement, ou quand presque tous les grains sont jaunes/bruns. Les grains doivent être fermes mais non cassants sous la dent. Récolter au bon moment permet de moins endommager le grain (moins de brisures) pendant le battage.

Si on reporte la récolte, les grains auront tendance à verser et à trop sécher. Les pluies tardives peuvent aussi être dommageables car des champignons se développent sur les grains mouillés. Si la récolte est trop sèche, des fissures se formeront à l'intérieur des grains, et si ceux-ci sont de nouveau mouillés, ils se briseront à l'usinage. En cas de récolte trop précoce, les grains ne seront pas mûrs et on récoltera alors trop de son et de grains brisés.

Méthodes de récolte

La récolte manuelle, la plus courante, demande beaucoup de main-d'œuvre. Dans certaines régions, on coupe chaque épi séparément au moyen d'un petit couteau mais ailleurs, on préfère une méthode moins laborieuse en employant une faucille pour couper les panicules et certaines ou toutes les tiges de la plante. Cette dernière méthode nécessite de battre le riz dans le champ même ou tout près. Les tiges récoltées seront séchés verticalement avant le battage. En Afrique tropicale, il est rare que la récolte se fasse entièrement ou même partiellement avec des machines car les champs sont généralement trop petits.



Figure 20 : Battage à l'aide d'un tonneau

Rendement

Le rendement dépend du nombre de plants par unité de surface, du nombre de panicules par plant, du nombre moyen de grains par panicule et du poids moyen des grains. Ces composantes du rendement peuvent se compenser l'une l'autre. Par exemple, la lourdeur du grain peut compenser le faible nombre de panicules par plant.

Consultez le chapitre 3 pour avoir un aperçu des taux de rendement relatifs aux différents systèmes de riziculture de bas-fonds et compte tenu du niveau de contrôle de l'eau. Les récoltes sont généralement plus rentables en saison sèche qu'en saison humide (à cause du soleil).

9.2 Battage

Le battage consiste à séparer les grains de riz de la paille. Le riz battu est appelé paddy ou riz brut. Le battage se fait généralement à la main, en frappant les bottes sur une pierre ou sur un bidon ou en tapant les panicules déposées sur une bâche avec des bâtons de bois. Néanmoins, les batteuses motorisées et à pédales gagnent en popularité en Afrique tropicale (voir Figure 11). Il est déconseillé de battre le paddy sur un sol nu car on y mélangerait du sable, des cailloux ou autres impuretés. Le battage doit se faire avec précaution pour ne pas décortiquer les grains.

Pour limiter les pertes, procédez au battage et au séchage immédiatement après la récolte. Le battage immédiat permet de protéger la récolte contre les insectes, oiseaux, rongeurs, maladies ou champignons. L'entassement des récoltes dégage à terme de la chaleur, ce qui favorise le développement des champignons et autres nuisances. De plus, après 3 ou 4 jours, les grains se décolorent énormément et ils peuvent se mettre à germer ou à pourrir.

Si l'entassement des plants récoltés est un problème, les cultures qui dessèchent dans les champs avant le battage peuvent l'être aussi. Le taux d'humidité peut descendre rapidement jusqu'à moins de 20 %. Les pertes sont alors énormes. Une telle récolte est trop sèche pour un battage mécanique, qui nécessite un taux d'humidité de 20 à 25 %. Un taux d'humidité en dessous de 20 % est cependant encore correct pour un battage à la main.

9.3 Vannage

Le vannage consiste à nettoyer le grain après le battage en retirant pailles et fines enveloppes, grains vides, mauvaises herbes, terre, cailloux, déchets et autres impuretés. Le nettoyage du grain améliorera sa préservation pendant le stockage, réduira les pénalités sur les prix au moment de l'usinage et améliorera le rendement et la qualité de l'usinage.

Cela réduira aussi les dommages causés par les maladies et améliorera la production.

Les méthodes traditionnelles de vannage se servent du vent ou d'un éventail pour séparer les éléments légers du grain. Le vannage se fait aussi en secouant un plateau en vannerie pour faire voler au vent les particules légères. On utilise aussi parfois des machines actionnées manuellement ou motorisées qui demandent moins de travail ; elles sont équipées d'un tarare et de plusieurs tamis ou cribles superposés. Le grain est tamisé dans un crible laissant passer les particules fines mais pas le grain. Si le battage se fait avec une batteuse, on ajuste la vitesse de la souffleuse pour avoir un premier nettoyage efficace.

9.4 Séchage

Afin d'obtenir un taux d'humidité idéal de 14 %, les grains de riz doivent être séchés directement après le battage et le vannage. Un bon séchage des grains prévient la germination et une perte rapide de qualité, constitue une première opération de lutte contre l'infestation par les insectes et réduit les pertes dues à l'évaporation naturelle. De bons procédés de séchage garantissent la qualité de l'usinage du paddy.

La méthode de séchage la plus courante et la plus économique consiste à étaler en couche fine (2 à 4 cm d'épaisseur) les grains de riz au soleil sur une surface propre (sol en béton, nattes ou bâches). On évitera les sols nus ou le bord des routes car des grains de sable, des cailloux ou autres matériaux étrangers pourraient se mélanger au riz. Les animaux doivent également être tenus à distance. Il est nécessaire de retourner les grains au moins une fois par heure pour avoir un taux d'humidité uniforme. En effet, les différences d'humidité provoqueraient une ré-humidification s'accompagnant d'un craquellement des grains plus secs.

Grâce à un séchage au soleil pendant 2 ou 3 jours, les grains se brisent moins pendant l'usinage. Les jours très ensoleillés, limitez le séchage à une journée (9/10 heures). Évitez la surchauffe les jours de grande chaleur en couvrant les grains le midi ; les grains ne doivent pas chauffer à plus de

50-60°C. Sinon, ils se fendraient, ce qui nuirait à la qualité de l'usinage. Couvrez immédiatement le paddy s'il commence à pleuvoir pour ne pas qu'il prenne l'humidité. Le taux d'humidité ne devrait pas non plus descendre en dessous de 14 % car le grain réabsorberait l'humidité de l'air et craquerait.

Les grains destinés à la production de semences ne devraient pas sécher en deçà de 13 % d'humidité. De toute façon, une température de l'air supérieure à 43°C aura un effet négatif sur la durée de vie des graines. Plus le taux d'humidité est faible au début du stockage, plus la qualité des graines se maintiendra. La semence stockée dans des sacs, pots ou contenants fermés hermétiquement, doit être séchée à 10–12 % d'humidité pour prolonger sa durée de vie et minimiser les dégâts causés par les insectes. La présence de grains malformés, décolorés, germés, brisés ou moisis dans des lots nuira gravement à la qualité, la durée de vie et la vigueur du lot. N'oubliez surtout pas d'inspecter le lot avant le stockage et d'en retirer les mauvaises graines.

Pour utiliser les semences à des fins commerciales, il faut avoir des graines de même taille et de même poids. Il existe à cette fin toutes sortes de machines de calibrage. On veillera à la pureté des graines en évitant les mélanges avec d'autres variétés et la contamination par d'autres espèces.

9.5 Stockage

Le stockage est un aspect très important des opérations de post-récolte. Si la production n'est pas stockée dans de bonnes conditions, elle sera considérablement endommagée par les insectes et les rongeurs. Le stockage de longue durée est possible si les grains ont été préalablement séchés à 14 % d'humidité ou moins, s'ils sont protégés des insectes, rongeurs et s'ils ne sont pas de nouveau humidifiés par la pluie ou l'air environnant. Plus les grains doivent être stockés longtemps, plus le taux d'humidité doit être faible. Un taux d'humidité de 13 % est souhaitable pour un stockage de 8 à 12 mois ; au-delà d'une année, il ne doit pas dépasser 9 %. Les grains ayant un taux d'humidité supérieur à 14 % moisissent rapidement.

Un système de stockage bien conçu, fonctionnant correctement et bien aéré doit pouvoir maintenir le riz à un taux d'humidité et une température constants.

Après le séchage, les grains de riz sont généralement stockés dans des sacs de jute tissés ou en plastique de 40 à 50 kg. Cependant, l'humidité de l'air pénétrant facilement dans les sacs, le taux d'humidité des grains peut fluctuer. Dans une atmosphère chaude et humide, les sacs seront vite infestés par les insectes, et ce, même si le riz a été correctement séché avant le stockage. En empilant bien les sacs sur des palettes en bois pour les isoler du sol, on améliore l'aération, on maintient une température basse dans les sacs et on prévient l'absorption de l'humidité par le sol. Les sacs stockés sous un toit ou dans un abri auront probablement besoin d'une fumigation périodique d'insecticide. Certains paysans utilisent des greniers à grains faits de bois, de terre ou de ciment ou encore de grands paniers tissés, mais ceux-ci peuvent aussi être attaqués par les insectes et les rongeurs.

Le riz de consommation est stocké sous forme non décortiqué car l'enveloppe protège un peu contre les insectes et aide à prévenir une perte de qualité. Pour le stockage à long terme des grains et semences, on peut essayer un stockage fermé hermétiquement. Il s'agit de petits conteneurs plastique ou de bidons hermétiques de 200 litres. Les barils d'huile recyclés et les conteneurs en PVC pour grain et semences sont des moyens de stockage hermétiques peu coûteux. Ce genre de stockage favorise la formation de dioxyde de carbone mais l'oxygène s'y fait plus rare. Le grain continue à respirer mais les insectes ne survivent pas.

Aucun sac ou conteneur ne peut protéger les grains des effets dévastateurs des hautes températures. Une augmentation de 5°C réduit de moitié la durée de vie des grains.

L'hygiène dans le magasin ou dépôt de grains influe également sur la conservation des grains et semences. C'est avant tout une question de propreté. Veillez notamment à pulvériser un insecticide dans les locaux vides où vous voulez stocker. Inspectez régulièrement le lieu de stockage pour

vous assurer qu'il n'y a pas de rats ni d'oiseaux et vérifiez aussi chaque semaine qu'il n'y a pas de trace d'infestation par les insectes.

9.6 Usinage

La Figure 22 illustre la structure du grain de riz arrivé à maturation : L'endosperme (féculent) est protégé par une enveloppe intérieure (son) et une extérieure (balle). C'est dans le son que se trouve la plus grande valeur nutritionnelle du grain. La balle protège le grain des insectes et des attaques fongiques.

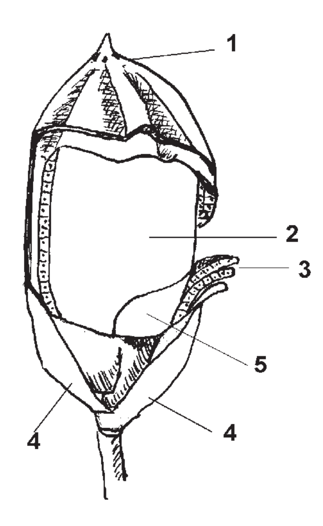


Figure 21 : Grain de riz mature. 1 Balle ; 2 endosperme féculent ; 3 Son ; 4 Glumes stériles ; 5 Glumelle.

L'usinage consiste à séparer la balle (l'enveloppe du grain), le son et le fruit (le grain même). Il s'agit d'abîmer le moins possible les grains car une fois brisés, ils se vendent moitié moins cher que lorsqu'ils sont entiers (= grain ou fragment de grain dont la longueur est supérieure aux trois quarts de la longueur moyenne du grain entier). Normalement, l'usinage mécanique du grain produit environ : 20 % de balle, 50 % de grains entiers, 16 % de grains brisés (brisures) et 14 % de son et féculent. Les grains fins et longs se brisent plus facilement que les grains ronds petits.

Après avoir décortiqué et ôté au paddy une faible partie de son enveloppe de son, on obtient ce qu'on appelle le riz brun, puis on poursuit le grattage et on polit le grain pour obtenir du riz blanc. Pendant l'usinage et le polissage, certaines protéines et beaucoup de graisses, minéraux et vitamines que l'on trouve dans le son disparaissent. Cela améliore les conditions de stockage et réduit le temps de cuisson. Mais cela réduit aussi la valeur nutritionnelle du riz.

Riz étuvé

Le riz étuvé est très populaire dans certains pays d'Afrique de l'Ouest. L'étuvage consiste à traiter le paddy à l'eau et à la vapeur avant usinage pour faire passer les nutriments de l'enveloppe extérieure dans le grain. Le riz est trempé dans l'eau pour accroître le taux d'humidité d'environ 30 % puis il est chauffé à la vapeur.

La méthode traditionnelle consiste à tremper le paddy dans de grands réservoirs en ciment remplis d'eau froide puis de le chauffer à la vapeur dans de petites marmites ou autres récipients. Les méthodes modernes consistent à tremper le paddy dans de grandes cuves métalliques d'eau chaude puis de le passer à la vapeur dans de grands fourneaux. L'opération se fait par charges ou en continu. Le paddy étuvé est ensuite séché pour avoir un taux d'humidité de 14 % garantissant un stockage sain et un usinage efficace. Le riz peut être étuvé immédiatement après la récolte ou séché et étuvé plus tard. Il peut être usiné comme décrit précédemment ou utilisé comme riz brun.

Le riz étuvé selon la méthode traditionnelle a un goût et une odeur plus relevés. C'est ce qui se vend le plus sur les marchés locaux. L'étuvage rend les grains translucides, durs et plus résistants au grattage pendant l'usinage. L'usinage facilite le décorticage de la balle mais le son, plus gras, devient plus difficile à décortiquer. La couleur du grain usiné passe du blanc au jaune. Le riz usiné étuvé est de meilleure qualité nutritionnelle que le riz usiné non étuvé. Le riz étuvé fond plus à la cuisson mais il ne colle pas dans la casserole, contrairement au riz non étuvé.

Méthodes

L'usinage manuel est encore pratiqué dans de nombreuses régions d'Afrique tropicale où l'on pile le paddy avec un mortier et un pilon. Les frottements entre les grains font que la balle se détache et parfois aussi, les couches de son. L'inconvénient de cette méthode est que de nombreux grains se brisent. Le nettoyage final se fait par vannage manuel (séparation par gravité). L'usinage du riz à la main demande beaucoup de travail et le riz obtenu n'est pas vendu à un prix intéressant sur le marché. C'est pourquoi le pilage manuel est surtout pratiqué pour de petites quantités de riz destinées à la consommation domestique.



Figure 22 : Pilage à la main

Le pilage peut être plus efficace lorsqu'on utilise des machines décortiqueuses bien entretenues et actionnées par des personnes qualifiées. On obtient alors plus de grains entiers et très peu de brisures. Le paddy mal nettoyé contient des impuretés et des grains vides qui font baisser le rendement à l'usinage. Si le taux d'humidité est trop faible, il y aura beaucoup de brisures et le rendement en grain entier sera faible. Les grains très humides sont trop mous pour résister à la pression du décorticage et sont alors pulvérisés.

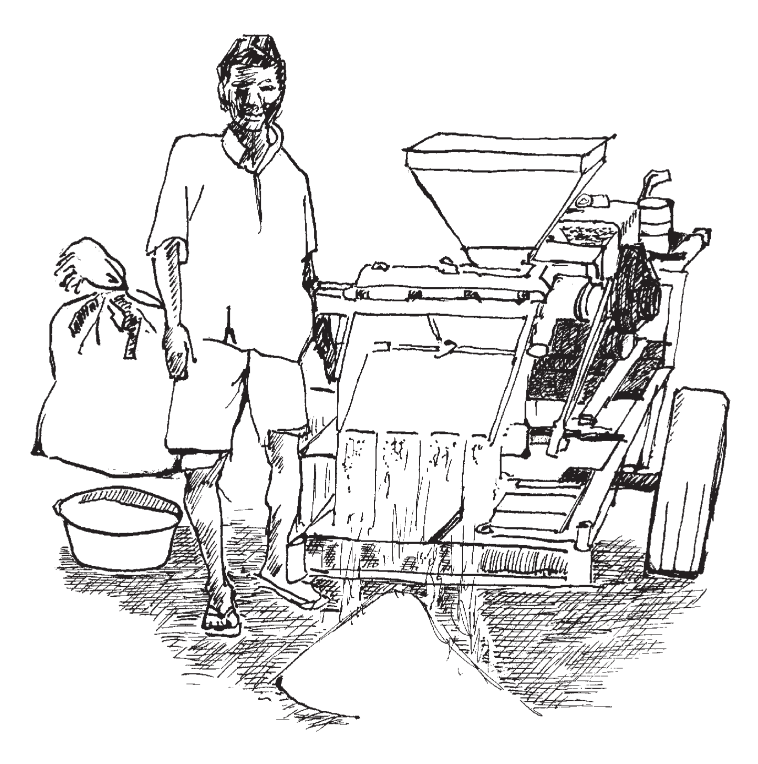


Figure 23 : Décortiqueuse de type Engelberg

Le mélange des variétés de riz avant l'usinage est fortement déconseillé car chaque variété demande un usinage et des réglages spécifiques. En mé-

langeant les variétés, on obtient un pourcentage de grains brisés très élevé et un riz de qualité médiocre dont la couleur blanche n'est pas uniforme.

La machine à décortiquer de type Engelberg (voir Figure 24) est largement utilisée dans de nombreux pays africains et est relativement peu coûteuse, robuste et facile à réparer. Elle a peu de pièces mobiles sujettes à l'usure et on peut rapidement apprendre à la manipuler et à l'entretenir. Cependant, les modèles en métal sont connus pour briser le paddy. De ce fait, le rendement total du riz usiné (grains entiers et les différentes tailles de brisures) n'est que de 53-55 % et le rendement du grain entier est de l'ordre de 30 %. Les décortiqueuses Engelberg sont surtout utilisées dans les villages pour la consommation familiale.

Dans les décortiqueuses villageoises à passage unique, le paddy passe dans une petite machine à cylindres gainés de caoutchouc. Le polissage du riz brun en riz blanc se fait en une seule fois. La décortiqueuse compacte à 2 étapes est composée de cylindres en caoutchouc (voir Figure 25) et peut traiter de 250 kg à 1 tonne de paddy par heure. Ces cylindres de caoutchouc doivent être continuellement alimentés et peuvent transformer de 40 à 100 tonnes de paddy avant d'être changés. La performance de la décortiqueuse compacte est supérieure à celle de la décortiqueuse à passage unique Engelberg et son rendement à l'usinage est généralement de 60-65 %.

La meilleure qualité d'usinage du riz est due au fait que le décorticage se fait en plusieurs étapes. Les décortiqueuses à plusieurs étapes ont des cylindres de caoutchouc pour le décorticage, deux blanchisseurs séparés et un polisseur dont on peut régler le degré de polissage. Le riz et les brisures décortiqués sont blanchis et polis en deux ou trois passages. L'opération de blanchiment en au moins deux passages (plus un polissage séparé) a l'avantage de réduire la surchauffe du grain et permet à l'opérateur de régler chaque machine individuellement pour chaque étape. Cela améliore l'usinage et le rendement du riz entier. Le rendement d'usinage est généralement de 65 à 70 %.

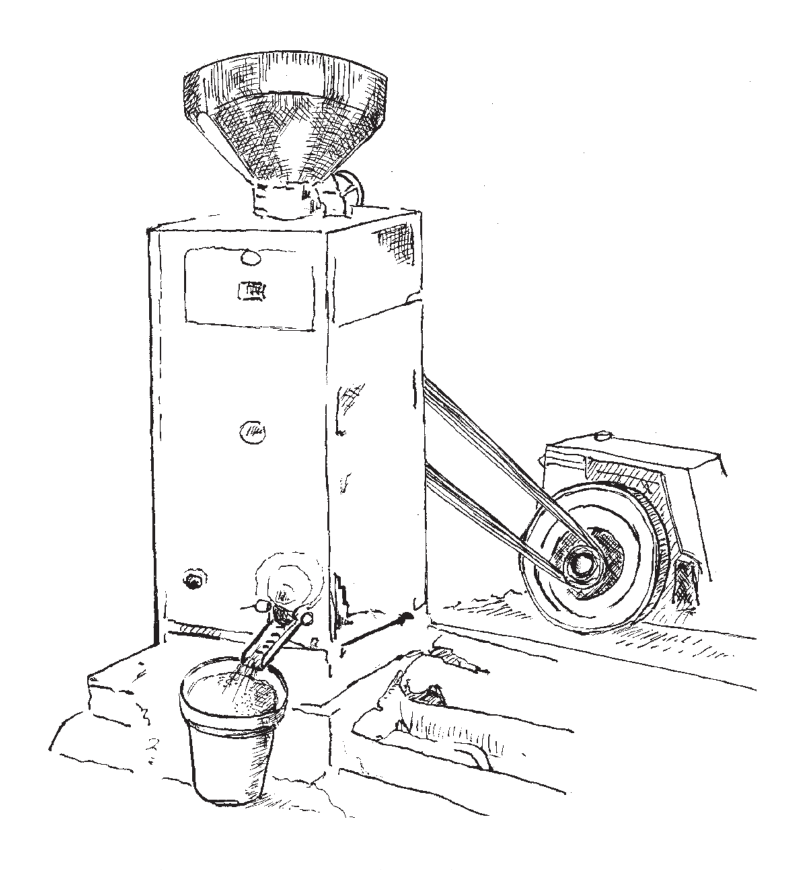


Figure 24 : Décortiqueuse compacte à deux étapes

Comment définir la qualité du riz usiné

La qualité du riz usiné n'est pas toujours facile à définir car elle dépend des préférences du consommateur (goût, apparence et odeur). Les critères de qualité sont notamment : les pourcentages de riz entier, de brisures, de grains abimés et décolorés, de grains crayeux et immatures, de grains rouges (striés). La quantité de grains immatures a de grosses conséquences sur le rendement et la qualité du riz entier. Les grains de riz immatures sont très fins et crayeux, ce qui entraîne une production excessive de son et de grains cassés.

9.7 Utilisation des dérivés du riz

Le riz a de nombreux produits dérivés : paille de riz, balle de riz, son et brisures. Lorsque le rendement agricole augmente et les cultures s'intensifient, la gestion des coproduits du riz gagne en importance.

- La paille de riz peut servir à l'alimentation animale et à la litière, à la fabrication de carton-paille et de pulpe à papier, au compostage et à la culture des champignons (support) ; on peut l'utiliser comme mulch pour les légumes ou chaume pour les toitures ou pour faire des cordes, des sacs, des paillassons et des chapeaux ; on la retrouve aussi dans le matériel de plâtrage (mélangé à de la terre argileuse) pour construire des maisons. Elle est encore incorporée dans les sols ou brûlée dans les champs pour aider à conserver/améliorer la fertilité du sol.

- La balle et le son peuvent servir de carburant, litière, aliment pour volailles, briquettes, absorbant de liquides, matériel d'emballage et carton de construction. La paille carbonisée peut servir à la filtration de l'eau et à la fabrication de briquettes de charbon de bois. Les cendres de balle sont un substitut au ciment.

- Le son du riz ou la farine obtenus pendant le polissage sont de bons aliments pour le bétail et la volaille. L'huile de son pressé à froid peut être transformée en huile solidifiée, glycérine ou savon. Raffinée, c'est un ingrédient culinaire. Le son de riz, les résidus de polissage et la farine servent de substituts (partiels) à la farine pour le pain, les gâteaux, les biscuits et autres. Dans le riz pilonné ou le riz usiné dans des décortiqueuses très simples, le son et les résidus du polissage sont trop mélangés au reste pour être utilisés dans l'alimentation.

- Les petites brisures deviennent de la farine.

10 Économie et marketing

Ce chapitre passe en revue les aspects économiques de la riziculture de bas-fonds en Afrique tropicale. L'objectif des riziculteurs n'est pas uniquement de produire un maximum de riz ; ils veulent aussi le faire de la façon la plus rentable possible et en limitant les risques. Les coûts engagés et les bénéfices réalisables dépendent principalement des conditions agro-écologiques, du type de gestion appliqué, des prix du paddy sur le marché et des intrants achetés.

10.1 Coûts et bénéfices des différents systèmes culturaux

Le Tableau 6 présente les coûts et bénéfices de trois systèmes de riziculture de bas-fonds en Afrique tropicale pour une saison normale. La première culture est en irrigation complète, le deuxième en irrigation partielle et la troisième est une culture pluviale endiguée.

Le Tableau 6 montre qu'il existe d'énormes différences dans les coûts et bénéfices totaux par unité de terre entre les trois systèmes de riziculture de bas-fonds. Les différences en bénéfices nets sont en revanche moins prononcées. Cela est dû au fait que le système de culture irriguée au Mali a investi des sommes plus importantes pour réaliser des rendements en paddy et des bénéfices totaux plus élevés. Dans la riziculture irriguée de

l'exemple malien, les coûts élevés sont dus à : l'apport d'engrais minéraux, la main-d'œuvre employée pour repiquer et récolter, le battage mécanisé, la location de la terre, des frais d'irrigation importants assurant une alimentation fiable en eau et l'entretien des équipements.

Tableau 6 : Coûts et bénéfices ($US/ha) d'une saison représentative dans trois systèmes de riziculture de bas-fonds et selon le niveau de maîtrise de l'eau, d'élevé à faible

Coûts (US$ l'ha)	Entièrement irrigué Office du Niger (Mali)	Irrigation partielle Sapu (Gambie)	Culture pluviale endiguée Sukumaland (Tanzanie)
Location de la terre	51	0	0
Préparation du sol	42	17	22
Semences	17	6	13
Main-d'œuvre employée pour le repiquage	34	7	0
Désherbage (chimique et/ou manuel)	17	6	7
Fertilisants	124	33	0
Frais d'irrigation	108	11	0
Récolte, battage, vannage	188	28	0
Sacs	68	20	44
Transport du paddy	8	1	7
Coûts totaux (US$ / ha)	**657**	**129**	**93**
Rendement (tonne/ha)	5,5	3,1	2,8
Prix du paddy (US$ par kg)	0,21	0,25	0,17
Bénéfices totaux (US$ / ha)	**1155**	**775**	**476**
Bénéfices nets (US$ / ha)	**498**	**646**	**383**
Total jours travaillés (famille)	85	191	230
Retour sur travail ($US / jour / ha)	13,6	4,1	2,1
Retour brut du capital ($US / $US / ha)	1,8	6,0	5,1

Les coûts totaux engagés dans le système d'irrigation partielle en Gambie sont bien moindres car il y a moins de frais de fertilisants, de main-d'œuvre, d'irrigation et la terre n'est pas louée. Le rendement dans l'exemple gam-

bien est considérablement plus faible que dans l'exemple malien à cause de la faible maîtrise de l'eau, du peu d'engrais utilisé et d'une gestion moins intensive des opérations en général. Pourtant, les bénéfices nets sont supérieurs à ceux du Mali. Cela s'explique par le prix du paddy à la production payé à l'exploitant. Ces prix peuvent varier considérablement entre les pays en fonction des politiques nationales et des réglementations concernant les prix du riz importé.

Les coûts totaux engagés dans la culture pluviale endiguée en Tanzanie sont encore plus faibles que ceux de Gambie. Il n'y a en effet quasiment pas de frais de main-d'œuvre, d'engrais minéraux ni d'irrigation. Le rendement moyen dans l'exemple tanzanien est cependant légèrement inférieur à l'exemple gambien. Le bénéfice net est en tout cas considérablement plus faible : le prix de vente du paddy est bas car les méthodes de battage donnent un riz de faible qualité. Dans cette région de Tanzanie, il est encore normal de battre les panicules récoltées dans les champs avec des bâtons ; le paddy contient donc encore beaucoup de cailloux et d'autres matériaux indésirables.

En dehors des bénéfices nets obtenus par unité de terre, il est aussi intéressant de regarder le rendement du capital et du travail. Dans le Tableau 6, le calcul du rendement brut est obtenu en divisant les bénéfices totaux par les coûts totaux de l'investissement en capital (retour sur capital) et par le nombre total de journées de travail effectuées par tous les membres de la famille (retour sur le travail). Le Tableau 6 montre que le retour sur le travail est le plus élevé dans l'exemple malien et le plus faible dans l'exemple tanzanien. En effet, les cultivateurs tanzaniens recourent presque trois fois plus à la main-d'œuvre familiale qu'au Mali, où le travail de la famille a été largement remplacé par des intrants en capital : la sécurité apportée par la fiabilité du système d'irrigation et de drainage a en effet encouragé les cultivateurs à acheter plus d'intrants. Les facilités de crédit et l'organisation en coopératives agricoles sont aussi des incitations à investir (en engrais, batteuses mécaniques, etc.) Le Tableau 6 montre par ailleurs que l'importance des intrants achetés (Mali) entraîne le plus faible retour brut sur capital des trois systèmes. Le montant des investissements financiers

sont semblables en Gambie et en Tanzanie du fait que la maîtrise de l'eau est plus incertaine. La bonne rémunération à la production du paddy gambien explique pourquoi la riziculture de bas-fonds dans ce pays a le plus fort retour brut sur capital.

Plus généralement, ces chiffres montrent que les systèmes de riziculture de bas-fonds en irrigation complète sont profitables parce qu'ils font un usage optimal de la main-d'œuvre et que les systèmes pluviaux sont profitables parce qu'ils font un usage optimal du capital. Les systèmes d'irrigation partielle occupent une place intermédiaire entre les deux.

Marketing

Pour bien vendre leur riz brut ou riz blanc usiné, les riziculteurs doivent s'assurer que la qualité de leur produit satisfait aux exigences des consommateurs. Les petits agriculteurs peuvent obtenir des informations sur les prix auprès des revendeurs. Ils peuvent aussi améliorer leur pouvoir de négociation en se regroupant en association. Les associations agricoles organisent les opérations de post-récolte pour leurs membres de sorte qu'ils obtiennent de meilleurs prix pour leurs produits. Ces organisations peuvent aussi acheter des intrants à des prix intéressants parce qu'elles achètent en gros. Tout cela contribue à améliorer les bénéfices nets de leurs membres. Ces associations fonctionnent d'autant mieux que leurs membres en sont les principaux instigateurs. Mais il est également essentiel que les membres fondateurs soient formés pour bien organiser et gérer de telles structures.

Ouvrages recommandés

ADRAO. **Le Nerica, le riz, source de vie.** 2001, 8 p. ISBN 92 9113 218 7
AfricaRice. **Redynamisation du secteur rizicole en Afrique.** Une stratégie de recherche pour le développement 2011–2020. 2012, 84 p.
www.africarice.org/publications/StrategicPlan/AfricaRice_Strategic_Plan_2011-2020-fr.pdf

AfricaRice. **Les experts lancent un outil d'identification des principales adventices du riz en Afrique.** 2012.
www.africarice.wordpress.com/2012/10/10/les-experts-lancent-un-outil-didentification-des-principales-adventices-du-riz-en-afrique

Akintayo, I., B. Cissé et L.D. Zadji. **Guide pratique de la culture des NERICA de plateau.** 2008, 26 p. Centre du riz pour l'Afrique. ISBN: 92 9113 3280.
www.warda.cgiar.org/publications/Guide-NERICA%20-plateau-08.pdf

CTA (Agritrade). **Analyse du secteur du riz d'Afrique de l'Ouest par l'USDA.**
www.agritrade.cta.int/fr/Agriculture/Commodities/Rice/USDA-analysis-of-West-African-rice-sector

DIOP, P.A. **Filière riz au Sénégal, Enjeux et perspectives.** 2008, 10p.
www.sosfaim.be/pdf/position_doc/filiere_riz_versiondefinitive.pdf
Hari K. Pande Dat Van Tran, et Trinh Ton That. **Systèmes améliorés de riziculture pluviale.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (FAO) 1997.
www.fao.org/docrep/003/T0751F/T0751F00.HTM

Initiative africaine sur le riz (ARI). **Rapport d'activités 2003–2007.** 2007, 84 p.
www.warda.cgiar.org/publications/ARI/ARI_main%20report_final_version_18-02-08.pdf

INRA. **Le riz en Afrique : quatre organismes de recherche français et africains renforcent leur collaboration.** Communiqué de presse. 2008.
www.inra.fr/presse/riz_en_afrique_quatre_organismes_de_recherche_renforcent_collaboration

JICA/AGRA. CARD, **Coalition pour le développement de la riziculture en Afrique.** 2008, 29 p.
www.jica.go.jp/activities/issues/agricul/pdf/02_honbun_fr.pdf

ODI. **La riziculture au Mali.** 2001, 89 p.
www.odi.org.uk/resources/docs/4148.pdf

Adresses utiles

AATF, la Fondation Africaine pour les Technologies Agricoles
La Fondation Africaine pour les Technologies Agricoles est une organisation à but non-lucratif conçue pour faciliter et promouvoir des partenariats public/privé facilitant l'accès et la livraison de technologies agricoles propriétaires appropriées à l'usage des petits paysans pauvres en ressources en Afrique subsaharienne.
Contact : AATF, P.O. Box 30709, Nairobi 00100, Kenya
T : +254-20 422 3700 F : +254-20 422 3701
E : aatf@aatf-africa.org W : www.aatf-africa.org

AfricaRice, Centre du riz pour l'Afrique
Le Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice) est une organisation de recherche panafricaine leader œuvrant pour l'amélioration des moyens d'existence en Afrique par des activités scientifiques et des partenariats efficaces. AfricaRice est un centre de recherche du Consortium du GCRAI. C'est aussi une association de recherche intergouvernementale composée de pays membres africains. À ce jour, il compte 24 pays membres couvrant les régions de l'Afrique de l'Ouest, du Centre, de l'Est et du Nord.
Contact : AfricaRice, 01 B.P. 2031, Cotonou, Bénin
T : +229 6418 1313, F : +229 6422 7809
E : africarice@cgiar.org, W : www.africarice.org

APRAO
À travers un financement de 5,8 millions de dollars EU, le projet régional pour l'Amélioration de la Production du Riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée des prix des denrées alimentaires (APRAO) a pour objectif de renforcer des capacités des petits producteurs et des petites entreprises dans la production et l'utilisation de semences et de paddy, avec une attention particulière pour l'inclusion des femmes dans le processus productif et décisionnel. Les pays cibles sont parmi ceux les plus touchés par la flambée des prix, à savoir la Côte d'Ivoire, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Sénégal. W : www.fao.org/ag/aprao/aprao-project/en

CIRAD

En partenariat avec les pays du Sud dans leur diversité, le centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) produit et transmet de nouvelles connaissances, pour accompagner leur développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agronomie.

Contact : Siège : 42, rue Scheffer, 75116 Paris, France
T : +33 1 53 70 20 00, W : www.cirad.fr

IRD

L'Institut de recherche pour le développement (IRD) est un organisme français de recherche, original et unique dans le paysage européen de la recherche pour le développement. Privilégiant l'interdisciplinarité, l'IRD centre ses recherches, depuis plus de 65 ans, sur les relations entre l'homme et son environnement en Afrique, Méditerranée, Amérique latine, Asie et dans l'Outre-Mer tropical français. Ses activités de recherche, de formation et d'innovation ont pour objectif de contribuer au développement social, économique et culturel des pays du Sud.

Contact : Le Sextant, 44, bd de Dunkerque, CS 90009,13572 Marseille, cedex 02, France.
T : 33 (0)4 91 99 92 00, F : 33 (0)4 91 99 92 22, W : www.ird.fr

Glossaire

Agent pathogène	Organisme à l'origine d'une maladie. Les virus, champignons, bactéries et nématodes sont des agents pathogènes.
Auricule	Paire de petits lobes en forme d'oreille à la base du limbe foliaire.
Balle	L'enveloppe extérieure du grain de riz qui protège la partie intérieure.
Battage	Opération post-récolte consistant à détacher ou séparer les grains de riz de la panicule.
Brisures	Grains qui se sont brisés pendant l'usinage.
Carex (ou laîches)	Plantes aquatiques ressemblant fortement aux graminées mais qui s'en distinguent par une fine tige de section triangulaire.
Charrue à disques	Outil de labour rond qui fend le sol sans le retourner.
Charrue chisel	Un outil de labour étroit servant à retourner le sol.
Croute de battance	Une couche de terre naturellement compactée qui limite la croissance racinaire et l'infiltration de l'eau jusqu'aux racines.
Cultivar	Variété d'une espèce végétale obtenue artificiellement et cultivée.
Digue	Une chaussée ou levée de terre servant à maîtriser le flux d'eau ; une division entre deux champs.
Écoulement	Débordement d'eau par dessus les digues d'un champ.
Engrais organique	Fertilisant dérivé de matières ou résidus végétaux ou animaux.
Ennemi des cultures	Organisme vivant (animal, insecte ou plante) qui se nourrit au détriment d'une plante ou qui nuit à sa santé.
Épi	Les panicules et les fleurs du riz.
Épiaison	Stade de croissance du plant de riz caractérisé par l'émergence de la panicule à partir de la tige.

Épillet	Inflorescence élémentaire de la plante du riz consistant en deux glumes stériles, un petit axe en dessous des glumes et une petite fleur.
Fongicide	Un pesticide servant à traiter ou à prévenir les maladies causées par les champignons.
Hectare (ha)	Mesure de la superficie d'un terrain équivalent à 10 000 m^2 (par ex 100 x 100 m ou environ).
Herse	Un outil de travail du sol muni de dents et de pointes ; utilisé dans le labour secondaire pour pulvériser et assouplir le sol, faciliter le mulchage et couvrir ou recouvrir les adventices.
Initiation paniculaire	Stade de croissance du plant de riz débutant lorsque la panicule apparaît à la base de la tige principale de la plante. On peut observer cette initiation paniculaire en ouvrant la tige principale.
Ligule	Languette droite et fine au sommet de la gaine foliaire et attachée à la base intérieure du limbe foliaire du plant de riz.
Matière organique	Matière (plus ou moins) décomposée d'origine animale et végétale qui se trouve dans le sol.
Mise en boue ou puddlage	Préparation du sol afin qu'il devienne boueux et étanche.
Mulch ou paillis	Tout matériel (paille, sciure, feuilles, films plastique, terre meuble) étalé sur le sol pour atténuer les effets des pluies fortes, du dessèchement, de l'évaporation, etc. Le mulch est également une bonne protection pour les racines.
Nivellement (aplanissement)	Préparation du sol consistant à enlever la terre des bosses du champ pour combler les creux. La surface plate ainsi obtenue permet une distribution égale de l'eau sur tout le champ.
Paddy	1) Riz cultivé en zones humides ; 2) champ endigué et aplani pour la culture du riz ; 3) riz battu non décortiqué (nom d'origine malaise padis).
Panicule	Pousse terminale de la talle de riz qui se développe en un axe principal doté de branches portant les fleurs qui deviendront des grains.

Péricarpe	Enveloppe extérieure protectrice du grain.
Pied	Un groupe de plants de riz proches les uns des autres. Un pied peut aussi ne compter qu'une seule plante.
Rendement d'usinage	Pourcentage de tous les grains, entiers ou brisés, recueillis après l'usinage à partir d'une quantité donnée de riz brut propre.
Repiquage	Plantation de plants provenant de pépinières (semis) dans un champ.
Repousse	Nouvelle croissance d'un plant repoussant à partir du chaume après la récolte.
Riz entier	Les grains entiers obtenus après usinage d'une quantité donnée de riz brut propre (paddy). S'exprime généralement en pourcentage de riz brut. Le grain brisé de longueur supérieure au 3/4 de la longueur du grain entier est également considéré comme du grain entier. Le riz entier peut représenter un pourcentage très variable du riz brut total : de 25 % à 65 %.
Semelle de labour	Couche dure du sol de 15 à 20 cm qui se forme sous la partie cultivée suite à un labour répété et de profondeur constante. Cette couche freine l'infiltration de l'eau dans le sol en période d'inondation et empêche la pénétration des racines. Voir également Croûte de battance.
Semis à la volée	Les semences sont lancées à la volée au hasard dans le champ.
Semis en sillon	Ensemencement dans des sillons ou des trous pratiqués à la main ou mécaniquement.
Sensibilité photopériodique	Mesure de réaction de la plante de riz à une durée restreinte de la phase diurne (= photopériode)
Son	Enveloppes du grain de riz, que l'on enlève pendant l'opération d'usinage.
Tallage	La capacité d'une plante de riz à produire des tiges, des panicules.
Talle	Une branche végétale de la plante de riz composée de racines, d'une tige et de feuilles qui peuvent se développer ou non en une panicule.

Variété	Un groupe de plantes cultivées se distinguant d'un autre groupe en maintenant ces caractéristiques à travers les générations.
Verse, versement	Inclinaison des plants de riz jusqu'au sol suite au vent, à la pluie, aux inondations, aux attaques de parasites ou parce que les tiges sont trop faibles pour supporter la plante au stade du remplissage du grain. La verse cause souvent une perte de production.

La série Agrodok

La série AGRODOK est une collection de documents techniques simples et bon marché sur la pratique de l'agriculture durable à petite échelle. Les livres AGRODOK sont disponibles en anglais (A), en français (F), en portugais (P) et en espagnol (E). Les AGRODOK peuvent être commandés chez AGROMISA ou au CTA.

N°	**Titre**	**Langues**
1.	L'élevage des porcs dans les zones tropicales	P, F, A
2.	Gérer la fertilité du sol	E, P, F, A
3.	La conservation des fruits et des légumes	P, F, A
4.	L'élevage des poules à petite échelle	E, P, F, A
5.	La culture fruitière dans les zones tropicales	P, F, A
6.	Mesures de topographie pour le génie rural	P, F, A
7.	L'élevage de chèvres dans les zones tropicales	P, F, A
8.	La fabrication et l'utilisation du compost	E, P, F, A
9.	Le jardin potager dans les zones tropicales	E, P, F, A
10.	La culture du soja et d'autres légumineuses	P, F, A
11.	La protection des sols contre l'érosion dans les zones tropicales	E, P, F, A
12.	La conservation du poisson et de la viande	P, F, A
13.	Collecter l'eau et conserver l'humidité du sol	P, F, A
14.	L'élevage des vaches laitières	P, F, A
15.	La pisciculture à petite échelle en eau douce	P, F, A
16.	L'agroforesterie	P, F, A
17.	La culture des tomates : production, transformation et commercialisation	P, F, A
18.	La protection des céréales et des légumineuses stockées	P, F, A
19.	Multiplier et planter des arbres	P, F, A
20.	L'élevage familial de lapins dans les zones tropicales	P, F, A
21.	La pisciculture à la ferme	P, F, A
22.	La fabrication à petite échelle des aliments de sevrage	P, F, A
23.	Agriculture sous abri	P, F, A
24.	Agriculture urbaine : la culture des légumes en ville	P, F, A
25.	Les greniers	P, F, A
26.	Commercialisation : le marketing pour les producteurs artisanaux	P, F, A
27.	Créer et gérer un point d'eau pour les troupeaux de son village	P, F, A
28.	Identification des dégâts causés aux cultures	P, F, A
29.	Les pesticides : composition, utilisation et risques	P, F, A
30.	La protection non chimique des cultures	P, F, A
31.	Le stockage des produits agricoles	E, P, F, A
32.	L'apiculture dans les zones tropicales	P, F, A

33. L’élevage de canards P, F, A
34. Amélioration de l’incubation et de l’élevage des poussins E, P, F, A
35. Utilisation de l’âne pour la traction et le labour P, F, A
36. La préparation des laitages P, F, A
37. La production des semences à petite échelle P, F, A
38. Comment créer une coopérative E, P, F, A
39. Les produits forestiers autres que le bois d’œuvre P, F, A
40. La culture des champignons à petite échelle P, F, A
41. La culture des champignons à petite échelle - 2 P, F, A
42. Produits de l’apiculture P, F, A
43. La collecte de l’eau de pluie à usage domestique P, F, A
44. Ethnomédecine vétérinaire P, F, A
45. Atténuer les effets du VIH/SIDA dans les petites exploitations agricoles P, F, A
46. Les zoonoses P, F, A
47. L’élevage d’escargots P, F, A
48. L’exportation des produits biologiques P, F, A
49. Paysage de la finance rurale P, F, A
50. Le conditionnement des produits agricoles P, F, A
51. Améliorer la riziculture de bas-fonds F, A
52. L’élevage familial d’aulacodes F, A